

Atmen - Atemhilfen

Atemphysiologie und Beatmungstechnik

Bearbeitet von
Wolfgang Oczenski

10., überarbeitete und erweiterte Auflage. 2017. Buch inkl. Online-Nutzung. 584 S. Inkl. Online-Version in der eRef. Softcover

ISBN 978 3 13 137610 7

Format (B x L): 17 x 24 cm

[Weitere Fachgebiete > Medizin > Klinische und Innere Medizin > Pneumologie, Atmung, Asthma](#)

Zu [Leseprobe](#) und [Sachverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei



Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Inhaltsverzeichnis

1	Anatomie des Respirationstrakts	21
1.1	Luftleitungssystem	22
1.2	Gasaustauschendes System.....	25
2	Physiologie des Respirationstrakts	28
2.1	Äußere und innere Atmung	28
2.2	Zusammensetzung der Atemgase	28
2.3	Respiratorischer Quotient.....	28
2.4	Atemmechanik	29
2.4.1	Definition.....	29
2.4.2	Zwerchfell	29
2.5	Übertragungen der Volumenänderungen des Thoraxraums auf die Lunge.....	31
2.6	Unterschiede zwischen Spontanatmung und Beatmung	31
2.6.1	Druck-Zeit-Diagramm	31
2.7	Druckgrößen in der Atemphysiologie und Beatmungstherapie	32
2.7.1	Partialdruck.....	32
2.7.2	Transmurale Druckdifferenz	35
2.7.3	Alveolardruck (= intrapulmonaler Druck).....	35
2.7.4	Intrapleuraler Druck (= intrathorakaler Druck).....	35
2.7.5	Transpulmonaler Druck.....	36
2.7.6	Transthorakaler Druck.....	37
2.7.7	Transrespiratorischer Druck	37
2.7.8	Volumenmessbedingungen.....	37
2.7.9	Umrechnung zwischen den einzelnen Volumenmessbedingungen...	39
1.3	Weiterführende Literatur	27
2.8	Atemmechanische Größen	39
2.8.1	Physikalische Grundlagen.....	39
2.8.2	Resistance – Maß für den Strömungswiderstand	41
2.8.3	Atemsynchrone Resistance-Änderungen.....	43
2.8.4	Compliance – Maß für die Lungen-dehnbarkeit	44
2.8.5	Atemarbeit	53
2.9	Pulmonaler Gasaustausch	57
2.9.1	Ventilation.....	58
2.9.2	Diffusion	59
2.9.3	Perfusion	61
2.10	Nachweis von Gasaustauschstörungen	62
2.11	Alveoloarterielle Sauerstoffpartialdruckdifferenz	63
2.12	Oxygenierungsindex	65
2.13	Ventilations-/Perfusionsverhältnis	65
2.14	Lungendurchblutung	67
2.14.1	Verteilung der Lungendurchblutung	68
2.14.2	Regulation der Lungendurchblutung	70
2.14.3	Hypoxische pulmonale Vasokonstriktion (HPV)	74

2.15	Totraum – Totraumventilation	75	2.23	Differenzialdiagnose zwischen obstruktiven und restriktiven Ventilationsstörungen.	103
2.15.1	Totraumquotient	75			
2.15.2	Totraumventilation	76			
2.15.3	Alveoläre Totraumventilation	76	2.24	Präoperative pulmonale Risiko-einschätzung	105
2.16	Intrapulmonaler Rechts-Links-Shunt	78	2.24.1	Präoperative Funktionsdiagnostik und Risikoeinschätzung vor allgemeinchirurgischen Eingriffen	106
2.16.1	Hepatopulmonales Syndrom – Sonderform eines intrapulmonalen Rechts-Links-Shunts	81	2.24.2	Präoperative Funktionsdiagnostik und Risikoeinschätzung vor lungenchirurgischen Eingriffen.	107
2.17	Kompartimentmodell der Lunge	82	2.25	Allgemeinanästhesie und Lungenfunktion.	110
2.18	Sauerstofftransport im Blut.	85	2.25.1	Faktoren der pulmonalen Gasaus-tauschstörung	110
2.18.1	Sauerstoffsättigung	85	2.25.2	Prävention intraoperativer Atelek-tasen	114
2.18.2	Sauerstoffbindungskurve	86	2.25.3	Messung der FRC beim beatmeten Patienten	115
2.18.3	Sauerstoffbindungskapazität	88			
2.18.4	Sauerstoffgehalt	88			
2.18.5	Arteriovenöse O ₂ -Gehaltsdifferenz (Ca-vDO ₂)	90			
2.18.6	Sauerstofftransportkapazität (Sauerstoffangebot)	90	2.26	Atemphysiologische Kenn-größen beim Erwachsenen	118
2.18.7	Gemischt-venöse Sauerstoff-sättigung	91			
2.18.8	Zentralvenöse Sauerstoffsättigung (ScVO ₂)	92	2.27	Atemregulation.	118
2.18.9	Sauerstoffextraktionsrate	92	2.27.1	Physiologische Regelmechanismen	118
2.18.10	Beziehung zwischen O ₂ -Angebot und O ₂ -Aufnahme – D _{O2} /V _{O2} -Ver-hältnis	94	2.27.2	Pathologische Atmungstypen	120
2.18.11	Kohlendioxidtransport im Blut	95	2.28	Grundlagen des Säure-Basen-Haushalts	121
2.19	Statische Lungenvolumina	96	2.28.1	Mathematische Grundlagen	121
2.20	Verschlussvolumen (Closing Volume) – Verschlusskapazität (Closing Capacity)	98	2.28.2	Definitionen und Normalbereiche .	121
			2.28.3	Beurteilungen von Störungen des Säure-Basen-Haushalts.	123
			2.28.4	Physiologische Gegenregulations-mechanismen	124
2.21	Dynamische Atemvolumina	99	2.29	Weiterführende Literatur	125
2.22	Atemflusswerte (Fluss-Volumen-Diagramm)	101			
2.22.1	Quotient der Atemgasflüsse	101			
2.22.2	Konfiguration des Fluss-Volumen-Diagramms	102			

3	Respiratorische Insuffizienz	127
3.1	Respiratorisches System	127
3.2	Atempumpe.....	127
3.3	Definition und Klinik der respiratorischen Insuffizienz....	128
3.4	Pathophysiologie der post-operativen pulmonalen Funktionseinschränkung	130
3.4.1	Prophylaxe perioperativer pulmonaler Komplikationen.....	132
3.5	Pathomechanismen der postoperativen und post-traumatischen respiratorischen Insuffizienz.....	133
3.6	Kenngrößen für die Indikation zur maschinellen Atemhilfe bei akuter respiratorischer Insuffizienz.....	133
3.7	Weiterführende Literatur	134
4	Beatmungstechnik	135
4.1	Atemzyklus	135
4.1.1	Phasenvariable	135
4.2	Grafische Darstellung des Atemzyklus	137
4.2.1	Druck-Zeit-Diagramm bei volumenkontrollierter Beatmung .	137
4.2.2	Druck-Zeit-Diagramm bei druckkontrollierter Beatmung	140
4.2.3	Flow-Zeit-Diagramm	140
4.2.4	Volumen-Zeit-Diagramm	145
4.2.5	Druck-Volumen-Schleife (Pressure-Volume-Loop).....	145
4.4	Seitengetrennte Beatmung (ILV = Independent Lung Ventilation)	243
4.4.1	Definition.....	243
4.4.2	Indikationen	243
4.4.3	Wirkprinzip.....	243
4.5	Nicht-invasive Beatmung (NIV = Non-invasive Ventilation)	245
4.5.1	Definition.....	245
4.5.2	Vorteile der NIV (im Vergleich zur invasiven Beatmung)	245
4.5.3	Nachteile der NIV (im Vergleich zur invasiven Beatmung)	245
4.5.4	Voraussetzungen für NIV.....	245
4.5.5	Indikationen	246
4.5.6	Kontraindikationen	246
4.5.7	Nebenwirkungen	247
4.5.8	Beatmungszugang („Interface“) ...	247
4.5.9	Adaptationsphase.....	249
4.5.10	Auswahl der Atemhilfe und praktische Durchführung	249
4.5.11	Erfolgskriterien der NIV	253
4.5.12	Abbruch- bzw. Intubationskriterien bei NIV	253
4.5.13	Prädiktoren des NIV-Versagens ...	253
4.5.14	Weaning und NIV	253
4.5.15	Sedierung	254
4.5.16	Monitoring	254
4.5.17	Helium-Sauerstoff-Mischung	255
4.3	Beatmungsmuster – Beatmungsformen	150
4.3.1	Definition: Beatmungsmuster	150
4.3.2	Definition: Beatmungsform (Atemhilfe).	153
4.3.3	Auswahl der Atemhilfe	154
4.3.4	Kontrollierte Beatmungsformen (CMV = Controlled Mechanical Ventilation = Continuous Mandatory Ventilation)	157
4.3.5	Maßnahmen zur Verbesserung der Oxygenierung	169
4.3.6	Augmentierende Beatmungsformen	189
4.3.7	Zusätzliche Beatmungsoptionen ..	223

4.5.18	Intermittierende kontrollierte nächtliche Selbstbeatmung (ISB) – Heimbeatmung	255	4.6.3	Patient-Respirator-Asynchronie unter kontrollierter Beatmung	256
4.5.19	Wirkprinzip	255	4.6.4	Patient-Respirator-Asynchronie unter augmentierter Spontanatmung	258
4.5.20	Klinische Effekte	255	4.6.5	Klinische Folgen	262
4.6	Patient-Respirator-Asynchronie .	256	4.6.6	Diagnose	262
4.6.1	Synonym	256	4.6.7	Therapeutische Maßnahmen	263
4.6.2	Definition	256	4.7	Weiterführende Literatur.	264
5	Entwöhnung vom Respirator (Weaning)				268
5.1	Definition	268	5.4.2	Atemwegsokklusionsdruck (P 0,1) .	284
5.2	Pathophysiologie der Entwöhnung vom Respirator	269	5.4.3	Maximale Inspiratorische Kraft (MIP)	285
5.2.1	Voraussetzung für eine erfolgreiche Entwöhnung (allgemeine Weaning-Strategien)	269	5.4.4	Tension-Time-Index (TTI)	285
5.2.2	Determinanten der erforderlichen Atemarbeit	269	5.4.5	Automatische Tubuskompensation (ATC)	286
5.3	Methoden der Entwöhnung vom Respirator (respiratorbezogene Weaning-Strategien)	278	5.5	Weaning-Protokolle	286
5.3.1	Diskontinuierliches Weaning	278	5.6	Automatische Entwöhnung vom Respirator – Closed-Loop-Beatmungsverfahren	291
5.3.2	Kontinuierliches Weaning	279	5.6.1	Smart Care/PS	293
5.3.2			5.6.2	Adaptive Support Ventilation (ASV)	294
5.4	Entwöhnungsindizes („Predictors of Weaning Outcome“) .	283	5.7	Weiterführende Literatur	298
5.4.1	Hechelindex (Rapid Shallow Breathing Index [RSBI])	283			
6	Nebenwirkungen der maschinellen Beatmung				301
6.1	Kardiovaskuläre Nebenwirkungen	301	6.1.4	Pathophysiologische Auswirkungen der Beatmung auf die Nachlast des rechten Ventrikels	304
6.1.1	Pathophysiologische Auswirkungen der Beatmung auf die Vorlast des rechten und linken Ventrikels	301	6.2	Renale Nebenwirkungen	305
6.1.2	Pathophysiologische Auswirkungen der Beatmung auf die Nachlast des linken Ventrikels	303	6.3	Hepatale Nebenwirkungen und Splanchnikusdurchblutung	305
6.1.3	Pathophysiologische Auswirkungen bei suffizientem und insuffizientem Myokard	304	6.4	Zerebrovaskuläre Nebenwirkungen	306

Inhaltsverzeichnis

6.5	Pulmonale Nebenwirkungen	308	6.6	Pneumothorax und Thoraxdrainage	315
6.5.1	Beatmungsassoziierte Lungen-schädigung.	308	6.6.1	Pneumothorax	315
6.5.2	Beatmungsinduzierte diaphrag-male Dysfunktion.	314	6.6.2	Thoraxdrainage.	316
6.5.3	Sauerstofftoxizität	314	6.7	Weiterführende Literatur	318
7	Beatmungsmonitoring				320
7.1	Pulsoxymetrie	320	7.5.5	Inspiratorische Sauerstoff-konzentration	328
7.1.1	Funktionsprinzip	320	7.5.6	Atemgastemperatur	328
7.1.2	Grenzen und Fehlermöglichkeiten der Pulsoxymetrie	321	7.6	Alarmmeldungen	328
7.2	Kapnometrie – Kapnografie	322	7.7	Elektrische Impedanztomografie (EIT)	328
7.2.1	Funktionsprinzip	322	7.7.1	Definition.	328
7.2.2	Physiologisches Kapnogramm	322	7.7.2	Funktionsprinzip	329
7.3	Erweitertes Monitoring	325	7.7.3	Visualisierung der Lungendehnung (“Lung-Stretch“)	332
7.4	Monitoring der Atemmechanik	325	7.7.4	Klinische Anwendung	334
7.5	Maschinenmonitoring (Respiratormonitoring)	325	7.7.5	Regionale versus globale Druck-Volumen-Beziehung.	338
7.5.1	Beatmungsdruck.	325	7.7.6	Limitationen und Kontra-indikationen	338
7.5.2	Volumenüberwachung	326	7.8	Weiterführende Literatur	338
7.5.3	Frequenzüberwachung	327			
7.5.4	Apnoeventilation	327			
8	Anfeuchtung und Erwärmung des Atemgases (Atemgaskonditionierung)				339
8.1	Physikalische Grundlagen	339	8.3.1	Aktive Befeuchtungssysteme	343
8.2	Physiologie – Pathophysiologie	340	8.3.2	Passive Befeuchtungssysteme.	344
8.3	Methoden zur Atemgas-konditionierung	343	8.4	Weiterführende Literatur	346
9	Physikalische Therapie – Atemtherapie				348
9.1	Inzentive Spirometrie (SMI = Sustained Maximal Inspiration)		9.2	Oszillierende PEP-Systeme	349
9.1.1	Funktionsprinzip	348	9.2.1	Definition.	349
			9.2.2	Aufbau und Funktionsprinzip.	349

9.3	Expiratory Positive Airway Pressure (EzPAP)	351	9.4.2	Aufbau.	353
			9.4.3	Funktionsprinzip.	354
			9.4.4	Indikationen.	355
9.3.1	Definition und Begriffserklärung	351	9.5	Beatmungsinhalation (IPPB = Intermittent Positive Pressure Breathing)	355
9.3.2	Aufbau.	351			
9.3.3	Funktionsprinzip.	351			
9.3.4	Indikationen.	353			
9.4	Nasale High-Flow-Sauerstoff-therapie (HFOT)	353	9.5.1	Technik der Beatmungsinhalation .	355
			9.5.2	Indikationen.	356
9.4.1	Definition	353	9.6	Weiterführende Literatur.	356
10	Beatmungsstrategien bei verschiedenen Krankheitsbildern				357
10.1	ARDS (=Acute Respiratory Distress Syndrome)	357	10.3.1	Pathophysiologie.	393
			10.3.2	Beatmungsform – Beatmungs-muster.	396
10.1.1	Pathophysiologie und klinischer Verlauf.	357	10.3.3	Analgosedierung	398
10.1.2	Beatmungsstrategien beim ARDS	365	10.4	Herzinsuffizienz.	398
10.1.3	Analgosedierung	382			
10.2	COPD und Asthma bronchiale	384	10.4.1	Pathophysiologie.	398
			10.4.2	Beatmungsstrategie bei Linksherz-insuffizienz und kardiogenem Lungenödem	399
10.2.1	Definition und Pathophysiologie	384	10.5	Pulmonalembolie – akute pulmonale Hypertonie	401
10.2.2	Klinische Symptome	385			
10.2.3	Klassifikation des Schweregrads der COPD	386	10.5.1	Pathophysiologie.	401
10.2.4	Indikation zur maschinellen Atemhilfe	386	10.5.2	Beatmungsstrategie bei akuter pulmonaler Hypertonie und Rechtsherzinsuffizienz	401
10.2.5	Abbruch- bzw. Intubationskriterien bei NIV	387	10.5.3	Atemhilfen	402
10.2.6	Beatmungsform – Beatmungs-muster.	388	10.5.4	Analgosedierung	403
10.2.7	Analgosedierung	392			
10.3	Schädel-Hirn-Trauma – erhöhter intrakranieller Druck	393	10.6	Weiterführende Literatur.	403
11	Additive Therapie beim akuten Lungenvorfall (ARDS)				408
11.1	Lagerungstherapie – kinetische Therapie	408	11.1.4	Bauchlagerung versus kontinuier-liche laterale Rotationstherapie . .	417
11.1.1	Oberkörperhochlagerung und Seitenlagerung.	408	11.2	Inhalative Vasodilatatoren	418
11.1.2	Bauchlagerung.	408			
11.1.3	Kontinuierliche laterale Rotations-therapie (KLRT)	415	11.2.1	Stickstoffmonoxid – NO	418
			11.2.2	Prostanoiden	423

Inhaltsverzeichnis

11.3	Flüssigkeitsmanagement	426	11.3.3	Monitoring des Volumenstatus ...	428
			11.3.4	Prognose – Letalität	428
11.3.1	Pathophysiologischer Hintergrund	426			
11.3.2	Restriktives Flüssigkeitsmanagement	427	11.4	Weiterführende Literatur	428
12	Spezielle Behandlungsstrategien in der Therapie des akuten Lungenversagens				431
12.1	Extrakorporale Gasaustauschverfahren	431	12.2	Hochfrequenzbeatmung (High Frequency Ventilation – HFV)...	448
12.1.1	Definitionen	431	12.2.1	Definition.....	448
12.1.2	Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO)	432	12.2.2	Formen der Hochfrequenzbeatmung.....	448
12.1.3	Pumpenfreie extrakorporale Lungenunterstützung zur CO ₂ -Elimination (Interventional Lung Assist [iLA])	441	12.3	Applikation von Surfactant	474
12.1.4	Extrakorporale Low-Flow-CO ₂ -Elimination am Nierenersatzverfahren	445	12.3.1	Klinische Auswirkungen einer Surfactant-Schädigung.....	474
12.1.5	Extrakorporale CO ₂ -Elimination und Evidenz	446	12.3.2	Klinische Wirkungen von exogen appliziertem Surfactant	474
12.1.6	Zusammenfassung: extrakorporale Gasaustauschverfahren	447	12.3.3	Surfactant-Präparate	475
			12.3.4	Dosierung	475
			12.4	Weiterführende Literatur	476
13	Weitere Therapieansätze in der Behandlung des akuten Lungenversagens				478
13.1	Partielle Flüssigkeitsbeatmung (Partial Liquid Ventilation – PLV)	478	13.1.6	Nebenwirkungen	479
13.1.1	Definition	478	13.2	Tracheale Gasinsufflation (TGI)	479
13.1.2	Physikalisch-chemische Eigenschaften	478	13.2.1	Definition und Wirkprinzip	479
13.1.3	Formen der Flüssigkeitsbeatmung	478	13.2.2	Indikationen	481
13.1.4	Wirkprinzip	479	13.3	Weiterführende Literatur	481
13.1.5	Klinische Effekte	479			
14	Beatmung in der Neonatologie und Pädiatrie				482
14.1	Anatomische und physiologische Besonderheiten des kindlichen Respirationstrakts	482	14.2	Indikationen für maschinelle Atemhilfen	486
14.1.1	Lungenvolumina und Atemfrequenz	483	14.2.1	Wahl der Tubusgröße für die endotracheale Intubation	487
14.1.2	Blutgase	486	14.2.2	Indikationen zur Intubation	488

14.3	Grundprinzipien der maschinellen Beatmung in der Neonatologie und Pädiatrie	488	14.4	Respiratoren für die maschinelle Beatmung in der Neonatologie .	502
14.3.1	Beatmungsparameter	488	14.4.1	Constant-Flow-Respirator	502
14.3.2	Beatmungsformen – Beatmungsmuster.....	495	14.4.2	Leckagekompensation	505
14.3.3	Grundeinstellung des Respirators..	498	14.5	Weiterführende Literatur.....	505
14.3.4	Entwöhnung vom Respirator (Weaning).....	501			
15	Technologie der Beatmungsgeräte.....				507
15.1	Gasversorgung	507	15.6	Klassifizierung der Respiratoren nach dem Atemgasdosierprinzip (Funktionsprinzip)	516
15.1.1	Zentrale Gasversorgung.....	507	15.6.1	Constant-Flow-System	516
15.1.2	Transportrespiratoren	508	15.6.2	Demand-Flow-System	517
15.2	Gasmischer.....	509	15.6.3	Intermittierendes Constant-Flow-System (Flow-Zerhacker-Prinzip) ..	518
15.2.1	Druckgasmischer.....	509	15.6.4	Atemgasdosierung über ansteuerbare Hochdruckdosierventile („High-Pressure-Servoventile“)....	519
15.2.2	Strömungsmischer (Frischgas- mischer)	509	15.6.5	Atemgasdosierung über Proportionalventile	520
15.2.3	Injektormischer	511	15.6.6	Narkosesysteme.....	523
15.3	Klassifizierung der Respiratoren nach dem Steuerprinzip	512	15.7	Atemsysteme für die intraoperative Beatmung	526
15.3.1	Inspiratorische Steuerungen	512	15.7.1	Komponenten eines Narkose- respirators	526
15.3.2	Exspiratorische Steuerungen.....	513	15.7.2	Klassifizierung der Atemsysteme ..	529
15.4	Triggerung	513	15.8	Niedrigflussnarkosen	550
15.4.1	Pneumatikabhängige Triggerung ..	514	15.8.1	Verfahrensspezifische Besonderheiten	550
15.4.2	Pneumatikunabhängige Triggerung	515	15.8.2	Praktische Durchführung von Niedrigflussnarkosen	555
15.5	Klassifizierung der Respiratoren nach dem Antriebsprinzip	515	15.8.3	Xenonanästhesie	557
15.5.1	Antriebsarten (Energiequellen)....	515	15.9	Weiterführende Literatur	559

16	Hyperbare Oxygenierung	.....	561
16.1	Physikalische Grundlagen	.....	561
16.1.1	Gesetz von Dalton	.....	561
16.1.2	Gesetz von Henry	.....	561
16.1.3	Gesetz von Boyle-Mariotte	.....	562
16.2	Pathophysiologische und biochemische Grundlagen	.....	563
16.2.1	Dekompressionskrankheit (Caisson-Krankheit)	.....	564
16.3	Indikationen für eine HBO-Therapie	.....	565
16.4	Nebenwirkungen und Komplikationen der HBO-Therapie	.....	565
16.5	Kontraindikationen für eine HBO-Therapie	.....	566
16.6	Behandlungsschemata	.....	566
16.7	Technische Anlagen	.....	567
16.8	Weiterführende Literatur	.....	567
Sachverzeichnis			569