

Inhaltsverzeichnis

1	Beatmung – Das Wichtigste auf einen Blick	20
	<i>Alexander Humberg</i>	
1.1	Maskenbeatmung	20
1.2	Intubation	20
1.2.1	Vorbereitung der Intubation.....	20
1.2.2	Wahl der geeigneten Größe von Larynxmaske und Tubus	20
1.2.3	Faustregel für die Tubustiefe beim Neugeborenen.....	20
1.2.4	Schwierige Intubation	22
1.3	Maschinelle Beatmung	22
1.3.1	Beurteilung der Beatmungsqualität	22
1.3.2	Vorgehen bei akuter Zustandsverschlechterung eines Patienten am Beatmungsgerät	23
1.3.3	Mögliche initiale Starteinstellungen zur maschinellen Beatmung von Früh- und Neugeborenen sowie Säuglingen	24
1.4	Hochfrequenzoszillationsbeatmung	24
1.4.1	Mögliche Indikationen	24
1.4.2	Steuerung	25
1.4.3	Vorgehen bei Hyperkapnie	25
1.4.4	Vorgehen bei Hypokapnie	25
1.4.5	Vorgehen bei Überblähung	25
1.4.6	Vorgehen zur Verbesserung der Oxygenierung	25
1.4.7	Meistgebrauchte Medikamente zur Intubation	25
1.5	Medikamente zur kontinuierlichen Analgosedierung	26
1.6	PARDS (Paediatric Acute Respiratory Distress Syndrome)-Kriterien (Auszüge aus der Leitlinie)	27
1.6.1	Diagnosekriterien PARDS	27
1.6.2	Therapie	27
1.7	Voraussetzungen für die Entwöhnung von Beatmung (Weaning)	28
1.8	Kontraindikation einer Therapie mit inhalativem Stickstoffmonoxid	28
1.9	Beatmungsstrategien in unterschiedlichen hämodynamischen Situationen	28
1.10	Beatmungsstrategien nach kardiochirurgischen Eingriffen bei angeborenen Herzfehlern	30
1.11	Hygienische und antimikrobielle Aspekte	31
1.12	Unterschiede von „Vented“ Masken und „Non-vented“ Masken	33
1.13	Literatur	33
2	Anatomie der Atmungsorgane im Kindesalter	35
	<i>Frank Eifinger</i>	
2.1	Entwicklung von Thorax und Respirationstrakt des Kindes	35
2.1.1	Entwicklung des Thorax	35
2.1.2	Entwicklung des Respirationtrakts	35
2.2	Morphologie des Respirationtrakts	36
2.2.1	Extrapulmonale Atemwege	36
2.2.2	Intrapulmonale Atemwege	38
2.2.3	Pleura	39
2.2.4	Innervation	39
2.2.5	Gefäße	39
2.2.6	Atemmuskulatur	41
2.3	Literatur	41

3	Physiologie der Atmung im Kindesalter	43
	<i>Dominique Singer</i>	
3.1	Zellatmung	43
3.2	Sauerstoff	45
3.3	Lungenbelüftung	47
3.3.1	Atemhubvolumen und Atemfrequenz	47
3.3.2	Resistance und Compliance	49
3.4	Lungendurchblutung	53
3.4.1	Perinatale Adaptation (Transition) .	53
3.4.2	Hypoxische pulmonale Vasokonstriktion	54
3.5	Atemgastransport im Blut	56
3.5.1	Sauerstoff	56
3.5.2	Kohlendioxid	60
3.6	Regulation der Atmung	62
3.6.1	Periphere Regelgrößen/Blutgase. . .	62
3.6.2	Zentraler Atemantrieb/Apnoen. . .	64
3.7	Adaption der Atmung	65
3.7.1	Anpassung an vermindertes Angebot (Hypoxie)	65
3.7.2	Anpassung an erhöhten Bedarf (Leistung)	67
3.8	Literatur	68
4	Anfeuchtung und Anwärmung von Atemgasen	71
	<i>Alexander Humberg</i>	
4.1	Physiologische Grundlagen	71
4.1.1	Absolute und relative Feuchtigkeit	71
4.2	Notwendigkeit der Anfeuchtung und Anwärmung von Atemgasen	72
4.3	Methoden	72
4.3.1	Passive Befeuchtungssysteme	72
4.3.2	Aktive Befeuchtungssysteme	74
4.4	Atemgasbefeuchtung unter nicht-invasiver Beatmung	76
4.4.1	Klinische Anwendung	76
4.5	Probleme und Gefahren	77
4.6	Literatur	77
5	Beatmungsassoziierte Pneumonie im Kindesalter – Prävention, Diagnostik und Therapie	80
	<i>Arne Simon</i>	
5.1	Einleitung	80
5.2	Diagnostik der beatmungsassoziierten Pneumonie und Tracheobronchitis bei pädiatrischen Patienten	81
5.2.1	Diagnosekriterien	81
5.2.2	Untersuchungen	81
5.2.3	Definition eines hausinternen diagnostischen Standards	82
5.3	Unabhängige Risikofaktoren für das Auftreten einer beatmungsassoziierten Pneumonie	82
5.4	Erregerspektrum der beatmungsassoziierten Pneumonie	83

5.5	Prävention der beatmungs- assoziierten Pneumonie und Tracheobronchitis	84	5.5.10	Beatmungssysteme.	86
5.5.1	Standardhygiene.	84	5.5.11	Weaning.	86
5.5.2	Nicht-invasive Beatmung statt Intubation.	84	5.5.12	Tracheostomaversorgung	86
5.5.3	Mundpflege.	84	5.5.13	Probiotika	86
5.5.4	Lagerung	85	5.5.14	Präventionsbündel und deren Implementierung	86
5.5.5	Stressulkusprophylaxe.	85	5.6	Antibakterielle Therapie und Antibiotic Stewardship	88
5.5.6	Enterale Ernährung	85	5.7	Surveillance	90
5.5.7	Physiotherapie	85	5.8	Literatur	90
5.5.8	Tubus und Cuff	85			
5.5.9	Absaugsysteme	86			
6	Monitoring der Beatmung	92			
6.1	Klinische und technische Überwachung der Beatmung ...	92	6.2.6	Zusammenfassung und Ausblick ..	104
	<i>Alexander Humberg</i>		6.3	Lungensonografie, Röntgen	105
6.1.1	Pulsoxymetrie.	92		<i>Christoph Czernik</i>	
6.1.2	Blutgasanalyse.	92	6.3.1	Lungensonografie.	105
6.1.3	Kontrolle der Tubuslage.	93	6.3.2	Röntgen	108
6.1.4	Messung des Kohlendioxidgehalts.	94	6.4	Maschinelle Überwachung der Beatmung	109
6.2	Bildgebende Verfahren, elek- trische Impedanztomografie ...	100		<i>Alexander Humberg</i>	
	<i>Christoph Rüegger</i>		6.4.1	Atemzyklus, Resistance und Compliance	109
6.2.1	Funktionsprinzip	100	6.4.2	Zeitlicher Verlauf	110
6.2.2	Bilderzeugung	101	6.4.3	Schleifen.	113
6.2.3	Messgrößen.	101	6.5	Literatur	117
6.2.4	Klinischer Nutzen der EIT bei Neugeborenen und Kindern ...	104			
6.2.5	Limitation der EIT bei Neugeborenen und Kindern	104			
7	Pflegerische Aspekte der Beatmung des Kindes	121			
	<i>Christoph Härtel, Regina Thoma, Pia Paul</i>				
7.1	Einleitung	121	7.3	Pflegerische Intensivbehandlung des beatmeten Kindes	127
7.2	Pflegerische Überwachung eines Kindes mit künstlicher Beatmung	122	7.3.1	Aufnahme eines beatmeten Kindes	127
7.2.1	Klinische Überwachung.	122	7.3.2	Spezielle pflegerische Maßnahmen beim beatmeten Kind.	130
7.2.2	Monitoring des beatmeten Kindes.	123	7.3.3	Extubation.	134

7.4	Transport des beatmeten Kindes	136	7.4.6	Belastung durch Transportmittel ..	138
7.4.1	Belastungen des Kindes und seiner Familie.	136	7.4.7	Anforderung an den Zeitpunkt	138
7.4.2	Dokumentation	137	7.5	Übergang in die häusliche Beatmung aus pflegerischer Sicht	138
7.4.3	Organisation.	137	7.6	Literatur	139
7.4.4	Anforderung an die Ausstattung. ...	137			
7.4.5	Anforderung an das Personal.	138			
8	Prinzipien der Beatmung	141			
8.1	Einleitung	141	8.5.2	Mittlerer Atemwegsdruck	159
	<i>Alexander Humberg</i>		8.5.3	Oszillationsamplitude.	162
8.2	Beatmungsmodi	143	8.5.4	Frequenz.	163
	<i>Alexander Humberg</i>		8.5.5	I:E-Verhältnis.	164
8.2.1	Nomenklatur der Beatmungsmodi.	143	8.5.6	Beatmungstechnik	164
8.2.2	Volumenkontrollierte Beatmungsformen.	146	8.5.7	Volumengesteuerte HFO-Beatmung	164
8.2.3	Druckkontrollierte Beatmungsformen.	150	8.6	Beatmung mit inhalativem Stickstoffmonoxid	165
8.2.4	Automatische Tubuskompensation.	156		<i>Alexander Humberg</i>	
8.3	Trigger	156	8.6.1	Wirkmechanismus	165
	<i>Alexander Humberg</i>		8.6.2	Praktische Anwendung.	165
8.4	Inspirationszeiten	157	8.6.3	Wechselwirkungen	166
	<i>Alexander Humberg</i>		8.6.4	Weaning	166
8.5	Hochfrequenzoszillationsbeatmung (HFOV)	158	8.6.5	Kontraindikationen.	167
	<i>Benjamin W. Ackermann, Ulrich H. Thome</i>		8.7	Beatmungsformen während des Weaningprozesses in der Neonatologie und Pädiatrie	167
8.5.1	Gasaustausch	159		<i>Alexander Humberg</i>	
			8.8	Literatur	168
9	Beatmung von Frühgeborenen	173			
9.1	Surfactant-Therapie beim Frühgeborenen	173	9.2	Invasive Beatmung beim Frühgeborenen	178
	<i>Roland Hentschel</i>		9.2.1	Konventionelle Beatmung	178
9.1.1	Surfactant-Präparate.	173		<i>Roland Hentschel</i>	
9.1.2	Eigenschaften und Wirkungen	173	9.2.2	Invasive Hochfrequenzoszillationsbeatmung bei Frühgeborenen	197
9.1.3	Indikation.	174		<i>Benjamin W. Ackermann, Ulrich H. Thome</i>	
9.1.4	Applikationsmethoden.	174	9.3	Nicht-invasive Beatmung	205
9.1.5	Begleitmedikationen bei unkonventionellen Verfahren	175	9.3.1	Definition, Nomenklatur und Bedeutung	205
9.1.6	Beatmung nach Surfactant-Gabe ..	176		<i>Roland Hentschel</i>	
9.1.7	Hämodynamische und extrapulmonale Effekte	176			
9.1.8	Alternative Indikationen	177			

9.3.2	Technische Prinzipien	206	9.4	Beatmung mit Stickstoffmonoxid	217
	<i>Roland Hentschel</i>			<i>Roland Hentschel</i>	
9.3.3	Wirkmechanismus	207			
	<i>Roland Hentschel</i>				
9.3.4	Vergleich mit invasiver Beatmung .	208	9.4.1	Physiologische Wirkung	217
	<i>Roland Hentschel</i>		9.4.2	Grundsätze der Therapie	217
9.3.5	Indikationen und klinische Anwendung	209	9.4.3	Praktische Anwendung	217
	<i>Roland Hentschel</i>		9.4.4	Nebenwirkungen	218
9.3.6	Nicht-invasive Hochfrequenz-oszillationsbeatmung	214	9.4.5	Indikation	220
	<i>Daniel Klotz, Roland Hentschel, Ulrich H. Thome</i>		9.4.6	Dosierung	221
			9.4.7	Entwöhnung	221
			9.4.8	Weiteres	222
			9.5	Literatur	223
10	Beatmung von Neugeborenen und Säuglingen	229			
10.1	Beatmung von Neugeborenen während der Erstversorgung	229	10.4	Einstellung des Beatmungsgeräts bei Neugeborenen und Säuglingen	235
	<i>Philipp Deindl</i>			<i>Philipp Deindl</i>	
10.1.1	Finger- und Handhaltung bei der Beutel-Masken-Beatmung	229	10.4.1	Wahl des Beatmungsmodus	235
10.1.2	Hilfsmittel bei der Beutel-Masken-Beatmung	230	10.4.2	Starteinstellungen	236
10.1.3	Effektivität der Beutel-Masken-Beatmung	231	10.4.3	Beurteilung der Beatmungsqualität	236
10.1.4	Training der Maskenbeatmung	232	10.4.4	Steuerung der Beatmung: Strategie und Therapieziele	237
10.1.5	Sauerstoffgabe bei der Erstversorgung	233	10.4.5	Anpassung der Beatmungsziele zur Lungenprotektion	239
10.1.6	Zusammenfassung	233	10.4.6	Vorgehen bei Versagen der Beatmung	239
10.2	Intubation von Neugeborenen und Säuglingen	233	10.4.7	Neurally adjusted ventilatory Assist	240
	<i>Philipp Deindl</i>		10.4.8	Zusammenfassung	241
10.2.1	Physiologische Effekte einer Intubation	233	10.5	Hochfrequenzbeatmung bei reifen Neugeborenen	241
10.2.2	Indikation	233		<i>Benjamin W. Ackermann, Ulrich H. Thome</i>	
10.2.3	Prämedikation zur Intubation	234	10.6	Entwöhnung und Extubation bei Neugeborenen und Säuglingen	243
10.2.4	Praktische Empfehlungen zur Intubation	234		<i>Philipp Deindl</i>	
10.3	Strategien zur Vermeidung der mechanischen Beatmung	234	10.6.1	Optimaler Zeitpunkt der Entwöhnung bzw. Extubation	243
	<i>Philipp Deindl</i>		10.6.2	Methoden zur Entwöhnung von der Beatmung	243
			10.6.3	Permissive Hyperkapnie im Entwöhnungsprozess	244
			10.6.4	Vorhersage einer erfolgreichen Extubation	244

10.7	Praktische Tipps für die Optimierung eines Beatmungskonzepts für Neugeborene und Säuglinge	245	10.7.2	Methoden.....	245
	<i>Philipp Deindl</i>		10.7.3	Personelle Ressourcen und Training	245
10.7.1	Equipment	245	10.8	Literatur.....	246
11	Beatmung von Klein- und Schulkindern sowie Adoleszenten	249			
11.1	Vermeidung von Beatmung.....	249	11.3	Beatmung bei verschiedenen pädiatrischen Krankheitsbildern unter Berücksichtigung ihrer Atemmechanik	258
	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>			<i>Süha Demirakça</i>	
11.1.1	Vermeidung einer iatrogenen Beatmungsnotwendigkeit	249	11.3.1	Allgemeine Ziele der Beatmung ...	258
11.1.2	Vermeidung einer krankheitsbedingten Beatmungspflichtigkeit ..	249	11.3.2	Atemwegs- und Lungenmechanik und zugrundeliegende Krankheitsbilder.....	258
11.2	Formen der respiratorischen Unterstützung	250	11.3.3	Bestimmung und Erkennen der mechanischen Eigenschaften des respiratorischen Systems	259
11.2.1	Maßnahmen zur Verbesserung der Oxygenierung	250	11.3.4	Einstellung der wichtigsten Beatmungsparameter	260
	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>		11.3.5	Ventilationsparameter	261
11.2.2	Manuelle Beatmung	251	11.3.6	Beispiele der Beatmung einiger wichtiger Grunderkrankungen	264
	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>		11.3.7	Intubation.....	267
11.2.3	High-Flow-Therapie	251	11.3.8	Entwöhnung von der Beatmung bei Lungenerkrankungen.....	267
	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>		11.3.9	Extubation	268
11.2.4	Nicht-invasive Beatmung.....	252	11.4	Medikamente zur Sedierung.....	269
	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>			<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>	
11.2.5	Invasive Beatmung	254	11.5	Literatur.....	270
	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>				
11.2.6	Hochfrequenzoszillationsbeatmung (HFOV) außerhalb der Neonatalperiode	256			
	<i>Ulrich H. Thome, Benjamin W. Ackermann</i>				
12	Extrakorporale Membranoxygenierung	273			
	<i>Neysan Rafat, Thomas Schaible</i>				
12.1	Einleitung	273	12.3	Neonatale ECMO.....	275
12.2	Physiologie der extrakorporalen Zirkulation	274	12.3.1	Indikationen und Kontraindikationen.....	275
12.2.1	Oxygenatoren	274	12.3.2	Techniken des extrakorporalen Kreislaufs (venoarteriell versus venovenös).....	277
12.2.2	Sauerstoff- und Kohlendioxidübertragung.....	274			

12.3.3	Management unter ECMO (Koagulation, Volumen etc.)	278	12.4.2	Techniken des extrakorporalen Kreislaufs	282
12.3.4	Verlauf der ECMO-Behandlung.	279	12.4.3	Komplikationen	282
12.3.5	Komplikationen	279	12.4.4	Therapieergebnisse/Outcome	283
12.3.6	Therapieergebnisse/Outcome	280			
12.4	Pädiatrische ECMO.	280	12.5	Nachsorge bei Kindern	284
12.4.1	Indikationen und Kontraindikationen	281	12.6	Fazit	284
			12.7	Literatur	284
13	Beatmung in der Anästhesie	287			
	<i>Martin Volkers</i>				
13.1	Einleitung	287	13.2.6	Airway Management unter erschwerten Bedingungen	298
13.2	Atemwegssicherung	287	13.3	Besondere Beatmungsformen	302
13.2.1	Gesichtsmaske.	287	13.3.1	Ein-Lungen-Ventilation	302
13.2.2	Larynxmaske (supraglottischer Atemweg).	289	13.3.2	Jet-Ventilation	304
13.2.3	Endotracheale Intubation	290	13.4	Zusammenfassung.	306
13.2.4	Erweiterte apparative Atemwegssicherung.	293	13.5	Literatur	306
13.2.5	Medikamente zur laryngoskopischen Intubation	294			
14	Beatmung in der Kinderkardiologie.	309			
	<i>Ulrich Kleideiter, Nikolaus A. Haas</i>				
14.1	Einleitung	309	14.3.7	Herzfehler mit linksventrikulärer Dysfunktion bzw. myokardialer Insuffizienz	322
14.2	Einfluss der maschinellen Beatmung.	309	14.3.8	Shunt-abhängige Lungenperfusion	323
14.2.1	Herz-Kreislauf-Funktion	309	14.3.9	Partielle Kreislauftrennung und univentrikuläre Zirkulation.	324
14.2.2	Verhältnis zwischen Lungen- und Systemperfusion	312	14.3.10	Komplette Kreislauftrennung und univentrikuläre Zirkulation.	325
14.3	Beatmung bei angeborenen Herzfehlern	316	14.3.11	Herzfehler mit pulmonaler Hypertension.	327
14.3.1	Herzfehler mit gesteigerter Lungendurchblutung	318	14.4	Beatmung bei herzoperierten Kindern	328
14.3.2	Herzfehler mit duktusabhängiger Lungenperfusion (Rechtsherz-obstruktionen)	319	14.4.1	Einstellung des Beatmungsgeräts.	328
14.3.3	Herzfehler mit duktusabhängiger Systemperfusion (Linksherz-obstruktionen)	320	14.5	Besonderheiten im respiratorischen Management bei Herzoperationen im Kindesalter	335
14.3.4	Herzfehler mit kompletter kardialer Blutmischung	320	14.5.1	Fast-Track zur Extubation	335
14.3.5	Herzfehler mit parallel geschalteten Kreisläufen	321	14.5.2	Beatmungsdauer.	335
14.3.6	Herzfehler mit Lungenstauung.	322	14.5.3	Weaning.	336
			14.5.4	Extubationskriterien	336
			14.5.5	Extubationstest	336

14.5.6	Postextubationsstridor	337	14.5.12	Tracheostoma	339
14.5.7	Nicht-invasive Atemunterstützung	337	14.5.13	Schilddrüsenhormone	339
14.5.8	Präoperative Virusinfektionen	337	14.5.14	Kortikosteroide	340
14.5.9	Zwerchfellparese	338			
14.5.10	Recurrensparese	338	14.6	Literatur.	340
14.5.11	Pleuraergüsse	339			

15 Langzeitbeatmung in der Pädiatrie..... 342

Benjamin Grolle, Hans Fuchs

15.1	Einleitung	342	15.7.4	Continuous positive Airway Pressure	355
15.2	Krankheitsbilder mit Langzeitbeatmung	342	15.7.5	High Flow	355
15.3	Beatmungskonzepte	342	15.8	Sekretmanagement	355
15.3.1	Allgemeine Überlegungen	342	15.8.1	Lung Insufflation Assist Maneuver	356
15.3.2	Konkrete Beispiele	343	15.8.2	Air Stacking	356
15.3.3	Sonderfälle der Langzeitbeatmung bei Kindern	345	15.8.3	Intermittent positive Pressure Breathing	356
15.4	Formen der Langzeitbeatmung	346	15.8.4	Insufflator-Exsufflator	357
15.4.1	Allgemeine Aspekte	346	15.8.5	Inhalationen	357
15.4.2	Invasive Beatmung (Tracheostoma)	346	15.8.6	Atemtherapie	357
15.4.3	Nicht-invasive Beatmung	346	15.8.7	Fazit	357
15.4.4	Sonderformen	347	15.9	Indikationsstellung zur Langzeitbeatmung	357
15.5	Beatmungsmasken	348	15.9.1	Schlaflabor	357
15.5.1	Konfektionsmasken	348	15.9.2	Lungenfunktion	358
15.5.2	Individualmasken	350	15.9.3	Hustenstoß	358
15.6	Tracheostoma	351	15.9.4	Klinik	358
15.6.1	Plastisches Tracheostoma	351	15.9.5	Röntgen-Thorax	359
15.6.2	Dilatationstracheostoma	352	15.9.6	Vermeidung von Beatmung	359
15.6.3	Trachealkanülen	352	15.10	Weaning	359
15.6.4	Befeuchtung	353	15.10.1	Konzepte	360
15.7	Beatmungsmodi	353	15.10.2	Abbruchkriterien	360
15.7.1	Assisted Pressure Control Ventilation	354	15.11	Psychosoziale Situation	360
15.7.2	Pressure Support Ventilation	354	15.12	Ethik	361
15.7.3	Synchronisierte BiLevel-Beatmung mit Time-Modus	354	15.13	Literatur	361

Sachverzeichnis 363