

Inhaltsverzeichnis

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

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

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>	
9	Beatmung von Frühgeborenen	173	8.8	Literatur	168
9.1	Surfactant-Therapie beim Frühgeborenen	173			
	<i>Roland Hentschel</i>		9.2	Invasive Beatmung beim Frühgeborenen	178
9.1.1	Surfactant-Präparate	173	9.2.1	Konventionelle Beatmung	178
9.1.2	Eigenschaften und Wirkungen	173		<i>Roland Hentschel</i>	
9.1.3	Indikation	174	9.2.2	Invasive Hochfrequenzoszillationsbeatmung bei Frühgeborenen	197
9.1.4	Applikationsmethoden	174		<i>Benjamin W. Ackermann, Ulrich H. Thome</i>	
9.1.5	Begleitmedikationen bei unkonventionellen Verfahren	175	9.3	Nicht-invasive Beatmung	205
9.1.6	Beatmung nach Surfactant-Gabe ..	176	9.3.1	Definition, Nomenklatur und Bedeutung	205
9.1.7	Hämodynamische und extrapulmonale Effekte	176		<i>Roland Hentschel</i>	
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 Hochfrequenzoszillationsbeatmung	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	<i>Philipp Deindl</i>	10.7.2	Methoden.....	245
				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	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>	11.3	Beatmung bei verschiedenen pädiatrischen Krankheitsbildern unter Berücksichtigung ihrer Atemmechanik	258
11.1.1	Vermeidung einer iatrogenen Beatmungsnotwendigkeit	249			<i>Süha Demirakça</i>	
11.1.2	Vermeidung einer krankheitsbedingten Beatmungspflichtigkeit .	249		11.3.1	Allgemeine Ziele der Beatmung ...	258
11.2	Formen der respiratorischen Unterstützung	250		11.3.2	Atemwegs- und Lungenmechanik und zugrundeliegende Krankheitsbilder.....	258
11.2.1	Maßnahmen zur Verbesserung der Oxygenierung	250	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>	11.3.3	Bestimmung und Erkennen der mechanischen Eigenschaften des respiratorischen Systems	259
11.2.2	Manuelle Beatmung	251	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>	11.3.4	Einstellung der wichtigsten Beatmungsparameter.....	260
11.2.3	High-Flow-Therapie	251	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>	11.3.5	Ventilationsparameter	261
11.2.4	Nicht-invasive Beatmung.....	252	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>	11.3.6	Beispiele der Beatmung einiger wichtiger Grunderkrankungen	264
11.2.5	Invasive Beatmung	254	<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>	11.3.7	Intubation.....	267
11.2.6	Hochfrequenzoszillationsbeatmung (HFOV) außerhalb der Neonatalperiode	256	<i>Ulrich H. Thome, Benjamin W. Ackermann</i>	11.3.8	Entwöhnung von der Beatmung bei Lungenerkrankungen.....	267
				11.3.9	Extubation	268
				11.4	Medikamente zur Sedierung.....	269
					<i>Carola Schön, Florian Hoffmann; vormals beteiligt: Thomas Nicolai</i>	
				11.5	Literatur.....	270
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 erschwertten Bedingungen	298
13.2	Atemwegssicherung	287			
13.2.1	Gesichtsmaske.	287	13.3	Besondere Beatmungsformen	302
13.2.2	Larynxmaske (supraglottischer Atemweg).	289	13.3.1	Ein-Lungen-Ventilation	302
13.2.3	Endotracheale Intubation	290	13.3.2	Jet-Ventilation	304
13.2.4	Erweiterte apparative Atemwegssicherung.	293	13.4	Zusammenfassung.	306
13.2.5	Medikamente zur laryngoskopischen Intubation	294	13.5	Literatur	306
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 respirato- rischen Management bei Herz- operationen 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	14.6	Literatur.....	340
14.5.10	Recurrensparese.....	338			
14.5.11	Pleuraergüsse.....	339			
15	Langzeitbeatmung in der Pädiatrie.....	342			
	<i>Benjamin Grolle, Hans Fuchs</i>				
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			