

Kapitel 1

Beatmung – Das Wichtigste auf einen Blick

1.1	Intubation	16
1.2	Maskenbeatmung	16
1.3	Maschinelle Beatmung	19
1.4	Hochfrequenz- oszillationsbeatmung	20
1.5	Medikamente zur kontinuierlichen Analgesedierung	20
1.6	Voraussetzungen für die Entwöhnung von Beatmung (Weaning)	21
1.7	Kontraindikation einer Therapie mit inhalativem Stickstoffmonoxid	21
1.8	Therapie der beatmungsassoziierten Pneumonie bei Kindern	21
1.9	Beatmungsstrategien in unterschiedlichen hämodynamischen Situationen	21
1.10	Beatmungsstrategien nach kardiochirurgischen Eingriffen bei angeborenen Herzfehlern	23
1.11	Literatur	23

1 Beatmung – Das Wichtigste auf einen Blick

Alexander Humberg

1.1 Intubation

1.1.1 Vorbereitung der Intubation

► Abb. 1.1 zeigt eine Checkliste zur Vorbereitung einer Intubation.

1.1.2 Wahl der geeigneten Größe von Larynxmaske und Tubus

Die Wahl des Tubus orientiert sich eher am Alter, die der Larynxmaske eher am Gewicht des Patienten (► Tab. 1.1).

1.1.3 Faustregel für die Tubustiefe beim Neugeborenen

- *Oral*: 6 cm + kg Körpergewicht = Abstand der Tubusspitze zum Mundwinkel
- *nasal*: 7 cm + kg Körpergewicht = Abstand der Tubusspitze zum Naseneingang

Beispiel: Soll ein 3 kg schweres Neugeborenes nasal intubiert werden, sollte die Tubustiefe $7 + 3 = 10$ cm ab Naseneingang betragen.

M!

Merke

Faustregeln besitzen keine allgemeine Gültigkeit. Die Lagekontrolle erfolgt immer radiologisch.

1.1.4 Meistgebrauchte Medikamente zur Intubation

Die in ► Tab. 1.2 aufgeführten Medikamente werden am häufigsten intubationsbegleitend eingesetzt.

1.1.5 Schwierige Intubation

► Abb. 1.2 zeigt das Vorgehen bei einer schwierigen Intubation.

1.2 Maskenbeatmung

Vorgehen bei Problemen während der Maskenbeatmung von Neugeborenen:

- Thoraxexkursion prüfen
- Kopf in Schnüffelposition bringen
- Maskenleck und appliziertes Tidalvolumen überprüfen
- Maskengröße überprüfen
- Haltetechnik überprüfen
- Beatmungsdruck erhöhen
- Rachenventilation über einen nasal platzierten Tubus durchführen
- Kind bzw. seinen Kopf in Seitenlage bringen (dadurch Neutralstellung häufig besser zu erreichen)
- ggf. frühzeitig intubieren

Tab. 1.1 Orientierungswerte zur Wahl der geeigneten Größe von Larynxmaske und Tubus, die Wahl der geeigneten Larynxmaske orientiert sich eher am Gewicht des Patienten.

Alter	Tubus	Gewicht (kg)	Larynxmaske
Frühgeborene	2,0–3,0	<3,0	–
0–6 Monate	3,0–3,5	2,5–5,0	1,0
6–12 Monate	3,5–4,0	5,0–10,0	1,5
12–24 Monate	4,0–4,5	10,0–15,0	2,0
2–4 Jahre	4,5–5,5	15,0–20,0	2,0
4–6 Jahre	5,0–6,0	20,0–30,0	2,5
6–10 Jahre	6,0–7,0	30,0–50,0	3,0
10–16 Jahre	7,0–8,0	50,0–70,0	4,0

Checkliste Intubation

**Achtung: Es muss mindestens eine assistierende Person anwesend sein!
Bei Hinweisen auf schwierigen Atemweg vor Beginn der Intubation Hilfe holen!**

- Patient nüchtern?
Gegebenenfalls Magenreste über liegende Magensonde abziehen.

- Hinweis auf schwierigen Atemweg?
Gegebenenfalls Hilfe holen (pädiatrische Intensivmedizin, Anästhesie, HNO, Kinderchirurgie u.a.)

- Funktionierender Sauerstoffanschluss mit Beatmungsbeutel und Gesichtsmasken in verschiedenen Größen am Arbeitsplatz vorhanden?

- Funktionieren Absaugapparatur und -katheter?

- Laryngoskop mit passendem Spatel (Miller und Macintosh) und in verschiedenen Größen vorhanden?
Ersatzbatterien vorhanden?

- Tuben in der berechneten Größe und jeweils eine Größe größer und kleiner vorhanden?
Führungsstab vorhanden?

- Larynxmaske vorhanden?

- Material zur Fixierung des Tubus

- Für den Notfall muss geklärt werden, wer als Backup hinzugerufen werden kann

Monitoring: Alle benötigten Geräte und Hilfsmittel bereitgestellt?

- Stethoskop

- EKG

- Pulsoxymetrie – Monitoring mit sauerstoffsättigungsabhängigem Herzfrequenzton

- Blutdruck

- Kapnografie/Kapnometrie vorhanden?

- Bei Verwendung eines geblockten Tubus zusätzlich Messung des Cuffdrucks

- Beatmungsgerät geprüft und Einstellungen dem Kind angepasst?

- Medikamente zur Narkoseeinleitung (Analgetikum, Hypnotikum, Muskelrelaxans) in der richtigen Dosierung aufgezogen (auch Notfallmedikamente)?

- Sicherer venöser, im Notfall auch intraossärer, Zugang vorhanden

Abb. 1.1 Checkliste zur Intubation. EKG = Elektrokardiografie

Tab. 1.2 Meistgebrauchte Medikamente zur Intubation.

Medikamenten- gruppe	Präparat	Dosis	Vorteile	Nachteile
Anästhetika	Propofol	2,0–4,0 mg/kg Körpergewicht	<ul style="list-style-type: none"> • angenehmes Einschlafen • schnelles Aufwachen, kein Überhang 	<ul style="list-style-type: none"> • Kreislaufdepression • Injektionsschmerz
	Etomidat	0,2–0,4 mg/kg Körpergewicht	relative Kreislaufstabilität	<ul style="list-style-type: none"> • Myoklonien • Nebennierenrindensuppression
	Thiopental	2,0–5,0 mg/kg Körpergewicht	sehr schneller Wirkungseintritt	<ul style="list-style-type: none"> • starke Kreislaufdepression • Bronchospasmus • Histaminfreisetzung • Gewebenekrose bei paravasaler Injektion
		Säuglinge bis 8 mg/kg Körpergewicht	zugelassen für Neugeborene	
	S-Ketamin	1,0–2,0 mg/kg Körpergewicht	<ul style="list-style-type: none"> • analgetisch wirksam • bronchodilatatorisch 	<ul style="list-style-type: none"> • psychotrope Effekte • Hypersalivation
Analgetika	Fentanyl	1,0–4,0 µg/kg Körpergewicht	schneller Wirkungseintritt	mögliche Thoraxrigidität
	Sufentanil	0,5–2,0 µg/kg Körpergewicht	schneller Wirkungseintritt	mögliche Thoraxrigidität
	Remifentanyl	0,1–0,3 µg/kg Körpergewicht/ min	sehr kurze Wirkdauer	<ul style="list-style-type: none"> • Injektion über Infusionspumpe • Thoraxrigidität bei Bolusgabe
Muskelrelaxan- zien	Succinylcholine	1,0–1,5 mg/kg Körpergewicht	<ul style="list-style-type: none"> • schneller Wirkungseintritt • kurze Wirkdauer 	<ul style="list-style-type: none"> • Bradykardie • Hyperkaliämie • maligne Hyperthermie
	Rocuronium	0,6–1,2 mg/kg Körpergewicht	<ul style="list-style-type: none"> • schneller Wirkungseintritt • vollständig antagonisierbar 	<ul style="list-style-type: none"> • Histaminfreisetzung • Injektionsschmerz
	Mivacurium	0,2–0,3 mg/kg Körpergewicht	kurze Wirkdauer	<ul style="list-style-type: none"> • Histaminfreisetzung • lang wirksam bei Pseudocholinesterasemangel
Antagonisten	Neostigmin	50 µg/kg Körpergewicht	wirkt bei allen NDMR	<ul style="list-style-type: none"> • cholinerge Nebenwirkungen • in Kombination mit Atropin zu verwenden
	Sugammadex	2,0–16,0 mg/kg Körpergewicht	schnelle Aufhebung auch vollständiger neuromuskulärer Blockaden	<ul style="list-style-type: none"> • spezifisch für Rocuronium und mit Einschränkungen Vecuronium • Off-Label-Einsatz unter 2 Jahren
	Naloxon	10 µg/kg Körpergewicht	-	kürzere Wirkdauer als die meisten Opiate

NDMR = nicht depolarisierende Muskelrelaxanzien

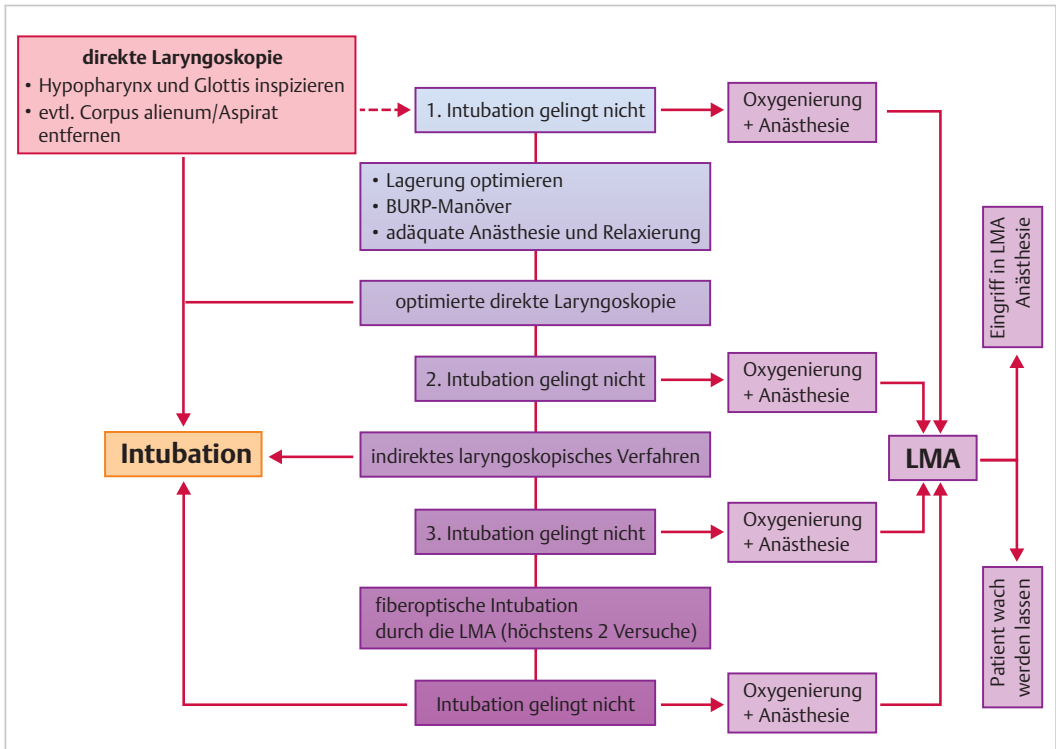


Abb. 1.2 Algorithmus zur schwierigen Intubation. BURP = Backward, upward and rightward Pressure-Manöver; LMA = Laryngeal Mask Airway

1.3 Maschinelle Beatmung

1.3.1 Vorgehen bei akuter Zustandsverschlechterung eines Patienten am Beatmungsgerät

DOPES-Algorithmus (Akronym für Dislocation, Obstruction, Pneumothorax, Equipment, Stomach). Die folgenden Punkte stellen keine verpflichtende Reihenfolge dar, sondern sollen eine Checkliste zur Überprüfung geben:

1. *Patient vom Beatmungsgerät trennen und mit Beutel über den Tubus beatmen.* Ziel: Ausschluss eines Gerätefehlers, Gefühl für den Atemwegs-widerstand, Zeitgewinn.
2. *Auskultieren.* Ziel: seitengleiche Belüftung, Seitendifferenz erkennen, überprüfen, ob ein Tidalvolumen erreicht wird.
3. *Tubusmarkierung kontrollieren.* Ziel: Tubusdislokation oder -knick erkennen.
4. *Atemwege absaugen.* Ziel: Obstruktion erkennen durch Widerstand oder Stopp beim Vorschieben des Absaugkatheters, Behebung der Obstruktion durch Sekretmobilisation.
5. *Kohlendioxidssensor konnektieren* (z. B. kolorimetrisches Einmalprodukt). Wenn kein Farbumschlag, dann Schritt 6.
6. *Direkte Laryngoskopie durchführen.* Ziel: Verifikation der Tubuslokalisation unter Sicht.
7. *Diaphanoskopie mit starker punktförmiger Lichtquelle in verdunkeltem Raum durchführen.* Ziel: Detektion eines Pneumothorax, ggf. Notfallentlastung eines Pneumothorax.
8. *Geräte überprüfen.* Ziel: Überprüfen, ob Schläuche intakt, Undichtigkeiten im Befeuchtersystem vorhanden, Membranen intakt, Ventile korrekt montiert, Kondenswasser vorhanden, Flow-Sensor feucht.
9. *Magen absaugen.* Ziel: Erleichterung der Beatmung durch Verringerung des intraabdominellen Druckes.
10. *Gegebenenfalls Echokardiografie durchführen.* Ziel: Auf Vorliegen eines Perikardergusses überprüfen.
11. *Extubieren.* Als ultima ratio bei Verdacht auf eine Tubusobstruktion, die sich nicht beheben lässt, muss der Patient extubiert und mit Maske und Beutel bzw. über ein T-Stück beatmet werden.

1.3.2 Mögliche initiale Start-einstellungen zur maschinellen Beatmung von Früh- und Neugeborenen sowie Säuglingen

- **PEEP (positiv-endexpiratorischer Druck):** 6 cmH₂O (0,6 kPa)
- **Inspirationszeit:** 0,20–0,50 s (bei Säuglingen: 0,50–0,65 s)
- **Tidalvolumen:** Ziel: 4–7 ml/kg Körpergewicht
- **Minutenvolumen:** 200–300 ml/kg KG/min
- **Atemfrequenz:** 60/min (auf Kohlendioxidpartialdruck pCO₂ achten)

1.4 Hochfrequenzoszillationsbeatmung

1.4.1 Mögliche Indikationen

- Es kommt zum Versagen der konventionellen Beatmung mit maximalen Beatmungsdrücken von 25(–30) cmH₂O (2,5[–2,9] kPa) und zu Schwierigkeiten bei der Einhaltung einer ausreichenden Oxygenierung und Dekarboxylierung; Richtwerte einer adäquaten Oxygenierung und Dekarboxylierung:
 - arterieller Sauerstoffpartialdruck p_aO₂ > 50 mmHg (6,7 kPa),
 - arterielle Sauerstoffsättigung S_aO₂ > 90 % und
 - Kohlendioxidpartialdruck pCO₂ < 55–65 mmHg (7,3–8,7 kPa).
- Der Oxygenierungsindex ([inspiratorische Sauerstoffkonzentration FiO₂ • mittlerer Atemwegsdruck MAP • 100]/p_aO₂) ist größer als 13, nachgewiesen durch 2 oder mehr Blutgasanalysen über 4–6 h.

1.4.2 Steuerung

- Steuerung der Oxygenierung über den MAP und die FiO₂
- Verbesserung der Oxygenierung durch Erhöhung des MAP und Erhöhung der FiO₂

1.4.3 Vorgehen bei Hyperkapnie

- Amplitude erhöhen
- Frequenz erniedrigen
- MAP erhöhen
- ggf. obstruierende Sekrete entfernen

1.4.4 Vorgehen bei Hypokapnie

- Amplitude erniedrigen
- Frequenz erhöhen
- MAP reduzieren

1.4.5 Vorgehen bei Überblähung

- Frequenz reduzieren
- MAP reduzieren

1.4.6 Vorgehen zur Verbesserung der Oxygenierung

- MAP erhöhen
- versuchsweise Amplitude erhöhen

1.5 Medikamente zur kontinuierlichen Analgosedierung

► Tab. 1.3 listet einige Medikamente auf, die zur kontinuierlichen Analgosedierung eingesetzt werden können.

Tab. 1.3 Medikamente zur kontinuierlichen Analgosedierung.

Medikamente	Dosierung Dauerinfusion	Dosierung Bolusgaben
Midazolam	0,10–0,30 mg/kg/h) i. v.	0,05–0,10 mg/kg i. v.
Fentanyl	1,0–5,0 µg/kg/h i. v.	0,5–1,0 µg/kg i. v.
Piritramid	0,03–0,10 mg/kg/h i. v.	0,05–0,10 mg/kg i. v.
Ketamin	0,5–3,0 mg/kg/h i. v.	0,5–1,0 mg/kg i. v.
Dexmedetomidin ¹⁾	0,2–2,0 µg/kg/h	0,5–1,0 µg/kg i. v.
Clonidin	0,5–1,0(–3,0) µg/kg/h	-
Levomepromazin ¹⁾	1,0–4,0 mg/kg/Tag)	-

i. v. = intravenös

1) Cave: Off-Label-Gebrauch; Einverständnis der Eltern vorausgesetzt

1.6 Voraussetzungen für die Entwöhnung von Beatmung (Weaning)

- **Neurologie:** ausreichende Wachheit, Vermeidung von Übersiedierung
- **Kreislauf:** ausreichende Herzfunktion für eine effektive Lungendurchblutung und zur Unterstützung von Spontanatmung
- **Kalorienzufuhr:** ausreichende Kalorienzufuhr erforderlich aufgrund der zusätzlichen Atemarbeit bei Spontanatmung
- **Flüssigkeitsbilanz:** Vermeidung einer Flüssigkeitsüberladung

1.7 Kontraindikation einer Therapie mit inhalativem Stickstoffmonoxid

- Inhalatives Stickstoffmonoxid sollte bei Kindern mit kongenitalem Herzfehler und Abhängigkeit von einem Rechts-links-Shunt nicht verabreicht werden.
- Bei Patienten mit linksventrikulärer Herzinsuffizienz besteht die Gefahr eines pulmonalen Ödems durch Verabreichung inhalativen Stickstoffmonoxids.

Merke

Zum Ausschluss dieser Erkrankungen sollte vor Anwendung einer Therapie mit inhalativem Stickstoffmonoxid eine Echokardiografie durchgeführt werden.



1.8 Therapie der beatmungsassoziierten Pneumonie bei Kindern

Die in ▶ Tab. 1.4 orientierend vorgeschlagenen Antiinfektiva müssen an die lokale Erreger- und Resistenzsituation angepasst werden („Listen to your hospital.“). Wichtig sind auch die Vorbehandlung und weitere Risikofaktoren auf Seiten der Patienten („Listen to the patient.“).

Das Aminoglykosid sollte nach 72 h abgesetzt werden, wenn die Ergebnisse der Erregerdiagnostik und der Resistenztestung vorliegen. Prinzipiell besteht bei Patienten, die mit multiresistenten Erregern kolonisiert sind, das Risiko einer Überthe-

Tab. 1.4 Therapie der beatmungsassoziierten Pneumonie bei Kindern.

Indikation	Empirische Antibiotika der ersten Wahl
beatmungsassoziierte Pneumonie bei einem nicht immunsupprimierten Kind	Ampicillin-Sulbactam + Gentamicin bei Verdacht auf Aspirationspneumonie; Clindamycin statt Gentamicin bei Verdacht auf Staphylococcus aureus-Infektion; Rifampicin oder Fosfomycin statt Gentamicin
beatmungsassoziierte Pneumonie bei einem immunsupprimierten Kind	Piperacillin-Tazobactam + Tobramycin (zusätzlich liposomales Amphotericin B oder Caspofungin erwägen)
beatmungsassoziierte Pneumonie bei Kolonisation mit gramnegativen multiresistenten Keimen	Meropenem
beatmungsassoziierte Pneumonie bei Kolonisation mit multiresistentem Staphylococcus aureus	Linezolid (nie als Monotherapie, Kombination mit Ampicillin-Sulbactam oder Piperacillin-Tazobactam)
beatmungsassoziierte Pneumonie bei Nachweis von Candida im Trachealsekret	der Nachweis von Candida ssp. im Trachealsekret weist in den meisten Fällen lediglich eine Kolonisation nach; eine gegen Candida ssp. gerichtete Therapie ist nur erforderlich bei immunsupprimierten Patienten (s. Text) oder bei histologischem Nachweis einer invasiven Candida-Infektion (z. B. Tracheitis)

ssp. = Subspezies

rapie (z. B. Meropenem oder Linezolid). Dies sollte allerdings bei kritisch kranken Kindern am ehesten im Sinne einer Deeskalationsstrategie bei günstigem Verlauf gehandhabt werden. Zu klären ist: Liegt überhaupt eine beatmungsassoziierte Pneumonie vor? Wie wahrscheinlich ist, dass die beatmungsassoziierte Pneumonie durch multiresistente Erreger verursacht wird?

1.9 Beatmungsstrategien in unterschiedlichen hämodynamischen Situationen

In ▶ Tab. 1.5 ist eine Übersicht der Vorgehensweise hinsichtlich der Beatmung in verschiedenen hämodynamischen Szenarien wiedergegeben.

Tab. 1.5 Übersicht über die Beatmungsstrategien in unterschiedlichen hämodynamischen Situationen.

Kardialer Status	Hämodynamische Situation	Beatmungsstrategien
pulmonale Überflutung (großer Links-rechts-Shunt: Ventrikelseptumdefekt, atrioventrikulärer Septumdefekt, Vorhofseptumdefekt, persistierender Ductus arteriosus, aortopulmonales Fenster)	pulmonale Überflutung	pulmonalen Blutfluss begrenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Hyperventilation und Sauerstoffgabe vermeiden • pS_aO_2 von ca. 90–95 % ausreichend • milde respiratorische Azidose anstreben • hoher PEEP
duktusabhängige Systemperfusion	Gefahr der systemischen Minderperfusion	Balance erzielen zwischen Blutfluss im System- und im Lungenkreislauf: <ul style="list-style-type: none"> • pS_aO_2 zwischen 75 und 85 % anstreben • pulmonale Überflutung vermeiden: • milde respiratorische Azidose anstreben • Sauerstoff restriktiv anwenden
duktusabhängige Lungenperfusion	Gefahr der pulmonalen Minderperfusion	Balance erzielen zwischen Blutfluss im System- und im Lungenkreislauf: <ul style="list-style-type: none"> • pS_aO_2 zwischen 75 und 85 % anstreben • ggf. pulmonalen Widerstand senken: • milde Hyperventilation • milde Alkalose • eher großzügige Anwendung von Sauerstoff • ggf. Beatmung mit Stickstoffmonoxid
Herzfehler mit kompletter kardialer Blutmischung	Mischzyanose	Balance erzielen zwischen Blutfluss im System- und im Lungenkreislauf: <ul style="list-style-type: none"> • pS_aO_2 zwischen 75 und 85 % anstreben
Herzfehler mit parallel geschalteten Kreisläufen (Transposition der großen Gefäße)	Zyanose mit intrakardialer Beimischung von oxygeniertem Blut	mögliche Verschlechterung der Mischung zwischen beiden Kreisläufen durch Erhöhung des intrathorakalen Druckes, kritische Anwendung von Sauerstoff (Provokation des Duktusverschlusses durch Sauerstoff versus verbesserte Mischung durch Abfall des Lungenwiderstands)
linksventrikuläre Dysfunktion	Low cardiac Output, Lungenödem	Senkung des myokardialen Sauerstoffverbrauchs, Reduktion der Atemarbeit, Senkung der linksventrikulären Vor- und Nachlast: <ul style="list-style-type: none"> • frühzeitige maschinelle Beatmung • hoher PEEP
Shunt-abhängige Lungenperfusion	Mischzyanose, Gefahr der pulmonalen Überflutung und der systemischen Minderperfusion	Balance erzielen zwischen Blutfluss im System- und im Lungenkreislauf: <ul style="list-style-type: none"> • pS_aO_2 zwischen 75 und 85 % anstreben • Hyperventilation und Sauerstoffgabe restriktiv
obere kavopulmonale Anastomose (Glenn-Zirkulation)	Mischzyanose, Beatmung ohne Einfluss auf die Zirkulation	Balance erzielen zwischen Blutfluss im System- und im Lungenkreislauf: <ul style="list-style-type: none"> • prophylaktische Gabe von Sauerstoff • milder PEEP (3–5 cmH₂O [0,3–0,5 kPa]) • niedrige Atemfrequenz
totale kavopulmonale Anastomose (Fontan-Zirkulation)	lungenabhängige Systemzirkulation	Balance erzielen zwischen Blutfluss im System- und im Lungenkreislauf: <ul style="list-style-type: none"> • prophylaktische Gabe von Sauerstoff • Hyperventilation • milder PEEP (3–5 cmH₂O [0,3–0,5 kPa]) • niedrige Atemfrequenz
Eisenmenger-Reaktion, Restdefekte, dysplastische Lungengefäße	pulmonale Hypertension	Balance erzielen zwischen Blutfluss im System- und im Lungenkreislauf: <ul style="list-style-type: none"> • prophylaktische Gabe von Sauerstoff • Hyperventilation, Alkalisierung • Vermeiden von Hypotension • PEEP ca. 5 cmH₂O (0,5 kPa)

PEEP = positiv-endexpiratorischer Druck

 pS_aO_2 = partielle arterielle Sauerstoffsättigung

Tab. 1.6 Typische Beatmungsprobleme nach kardiochirurgischen Eingriffen bei angeborenen Herzfehlern.

Herzfehler bzw. kardiale Situation	Häufige pulmonale bzw. kardiale Probleme	Beatmungsstrategien
kardiopulmonaler Bypass	reversible Endothelschädigung und Inflammation mit gesteigerter Gefäßpermeabilität (Lungenödem, verminderte Lungen-Compliance usw.), reversible myokardiale Funktionsstörung	adäquate Tidalvolumina anstreben, volumenkontrollierte Beatmung: relativ hoher inspiratorischer Druck und hoher PEEP erforderlich, Reduktion der linksventrikulären Vor- und Nachlast: hoher PEEP
Transposition der großen Gefäße	lange Aortenklemmzeit Kapillarleck, periphere Ödeme, Lungenödem myokardiale Dysfunktion	auf gute Diurese achten, Ödemreduktion PEEP; recht hoher PIP und relativ lange Inspirationszeit wählen
großer Ventrikelseptumdefekt, atrioventrikulärer Septumdefekt, aortopulmonales Fenster	pulmonalerarterielle Widerstandskrisen	Sedierung, ggf. Relaxierung, p_aO_2 ca. 100 mmHg, p_aCO_2 ca. 30–35 mmHg, $pH > 7,45$ während der Krise: <ul style="list-style-type: none"> • Hyperventilation • Sauerstoffgabe • Sedierung
obere kavopulmonale Anastomose	Neigung zu Ödemen der oberen Körperhälfte	Oberkörperhochlagerung ggf. Hyperkapnie + alkalisieren möglichst frühzeitige Extubation Vermeidung von Belüftungsstörungen möglichst niedrige Beatmungsdrücke Vermeidung eines Lungenödems (auf Diurese achten)
totale kavopulmonale Anastomose (Fontan-Operation)	passive Lungendurchblutung	frühzeitige Extubation möglichst niedrige Beatmungsmitteldrücke anstreben: <ul style="list-style-type: none"> • kurze Inspirationszeit • geringer inspiratorischer Druck • niedriger PEEP • niedrige Atemfrequenz
pulmonale Hypertonie	hoher Lungengefäßwiderstand	Senkung des Lungengefäßwiderstands: <ul style="list-style-type: none"> • milde Hyperventilation • milde Alkalose • eher großzügige Anwendung von Sauerstoff • Vermeidung von Atelektasen (PEEP) • ggf. Beatmung mit Stickstoffmonoxid • ggf. HFOV (insbesondere bei Neugeborenen)

HFOV = Hochfrequenzoszillationsbeatmung

 p_aCO_2 = arterieller Kohlendioxidpartialdruck p_aO_2 = arterieller Sauerstoffpartialdruck

PEEP = positiv-endexpiratorischer Druck

 pH = negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität

PIP = Peak Inflation Pressure

1.10 Beatmungsstrategien nach kardiochirurgischen Eingriffen bei angeborenen Herzfehlern

► Tab. 1.6 schildert Beatmungsstrategien in unterschiedlichen kardialen Situationen.

1.11 Literatur

Weiss M, Schmidt J, Eich C et al. Handlungsempfehlungen zur Prävention und Behandlung des unerwartet schwierigen Atemweges in der Kinderanästhesie. *Anästhesiol Intensivmed* 2011; 52: S54–S63