

## Einleitung

Die Arbeit auf einer Intensivstation erfordert heute von den dort arbeitenden Physiotherapeuten ein spezifisches Fachwissen, das in der Grundausbildung in der Regel kaum oder nur begrenzt vermittelt wird. Daher stellte sich für die Autoren die Frage, wie sie den Kollegen den Einstieg und das Arbeiten in diesem überaus herausfordernden Fachgebiet erleichtern könnten.

Teil I und Hauptanliegen dieses Manuals ist die Zusammenstellung des Basiswissens, das für die Befunderhebung, Therapieplanung und Therapiedurchführung unbedingt notwendig ist.

Teil II beinhaltet dann die Befunderhebung mit den relevanten Scores und Assessments.

Teil III stellt mögliche physiotherapeutische Interventionen und deren Wirkprinzipien kurz dar, wie auch eine kurze Zusammenstellung der weiterführenden Fachliteratur.

Um möglichst viele Informationen übersichtlich zu präsentieren und um die Nutzung als Nachschlagewerk gewährleisten zu können, wurde die Tabellenform gewählt. Die Konzentration auf ausgewählte Schwerpunkte, das Augenmerk auf relevante Parameter und deren Bedeutung sollen helfen, dem Nutzer die Informationen zu geben, die er in der täglichen physiotherapeutischen Arbeit mit intensivpflichtigen Patienten benötigt. Die Schwerpunkte wurden wie folgt gewählt:

- Monitoring
- Beatmung
- Zugänge und ableitende Systeme
- Geräte zur Unterstützung der Organfunktionen
- Medikamente
- Laborwerte
- Hilfsmittel

Die Tabellen mit den Schwerpunkten „Labor“ und „Medikamente“ sind relativ umfangreich und detailliert. Sie beinhalten aber die Parameter und Informationen, mit denen Physiotherapeuten tagtäglich konfrontiert werden, bei denen der Kenntnisstand in der Regel am geringsten ist. Für die Planung der physiotherapeutischen Interventionen und deren Durchführung haben diese Informationen aber eine große Relevanz.

Innerhalb der Tabellen werden folgende Aspekte (Spalten) beleuchtet:

- Methode/ Parameter
- Normwerte/ Grenzwerte
- Mögliche Fehlerquellen/ was ist zu beachten
- Ursachen für Abweichungen
- Auswirkung auf einzelne Organsysteme
- Relevanz für die Physiotherapie

Zur besseren und schnelleren Orientierung wurde in der Spalte „Auswirkungen auf einzelne Organsysteme“ den jeweiligen Organsystemen – soweit das möglich war – eine Farbe zugeordnet.

- **Rot** für Herz-/ Kreislaufsystem (HK)
- **Blau** für Atmung (A)
- **Grün** für muskuloskelettales System (BA)
- **Pink** für Bewusstsein und Wahrnehmung (WB)

Die Beschränkung auf die oben genannten Organsysteme ist der Überzeugung geschuldet, dass diese die wesentlichen Ansatzpunkte für physiotherapeutische Interventionen auf der Intensivstation sind.

In diesem Manual sind explizite Selbstverständlichkeiten, wie das Einhalten von Hygiene- und Sicherheitsvorschriften, nicht noch einmal erwähnt. Wir gehen davon aus, dass diese geläufig sind. Es sollten die allgemein bekannten senso-motorischen und funktionellen Prinzipien beachtet werden. Gleiches gilt für studienbasierte Leitlinien. Als selbstverständlich gilt die Kommunikation mit jedem Patienten, unabhängig von seiner Bewusstseinslage. Dafür sind dem Patienten geeignete Hilfestellungen und Hilfsmittel anzubieten. Die Integration und das Arbeiten im multiprofessionellen Team wird selbstredend vorausgesetzt und erfordert eine offene Kommunikation und Bereitschaft zur Kooperation.

Der eine oder andere Leser wird möglicherweise ein „Kochrezept“ vermissen. Aber mit der bewussten Entscheidung, auf einen Maßnahmenkatalog zu verzichten, sollen die Therapeuten aufgefordert werden, einen individuellen Behandlungsplan zu erstellen, der sich an den aktuellen funktionellen und strukturellen Problemen der Patienten orientiert. Der sich unter Umständen täglich oder sogar stündlich verändernde Zustand des Patienten setzt voraus, dass vor Beginn jeder Behandlung alle Kontraindikationen und der aktuelle Krankheitsverlauf sowie die ärztliche Therapie vom Therapeuten abgeglichen und die Behandlung angepasst wird. Daher ist es nicht sinnvoll, für die Physiotherapie in der Intensivmedizin standardisierte Behandlungsschemata zu erstellen. Für weiterführendes Spezialwissen ist die entsprechende Fachliteratur hinzuzuziehen, die neue Erkenntnisse liefert. Es wird nicht der Anspruch der Vollständigkeit erhoben.

# I. Grundlagen für den physiotherapeutischen Befund und die Therapieplanung

## 1. Monitor

Im folgenden Tabellenteil werden die, aus Sicht der Autoren, wichtigsten Verfahren und Parameter mit ihren Kernaussagen dargestellt.

Die physiologischen Normwerte und ihre Grenzbereiche werden aufgeführt, welche Ursachen eventuellen Abweichungen zu Grunde liegen und welche Auswirkungen diese auf die Organsysteme

- Atmung,
- Herz/ Kreislauf,
- Bewegungsapparat und
- Wahrnehmung/ Bewusstsein haben können.

Zudem wird auf mögliche Störungen, respektive Fehlerquellen in den Ableitungen hingewiesen, die ein Verfälschen der Aussagen bedingen können.

Die letzte Spalte zeigt den Bezug zur physiotherapeutischen Maßnahme und deren jeweilige Relevanz auf.

Methode/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Mögl. Urs. für abw. Werte	Auswirk. auf A   HK   BA   WB	Relevanz für Physiotherapie
<b>EKG</b> abgeleitet über Elektroden am Thorax mit Aussagen über:		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elektrodenlage</li> <li>▪ Diskonnektion</li> <li>▪ schlechte Ableitbedingungen (Haut nass, ölig, schweißig, behaart)</li> <li>▪ Irritationen (Bewegung/ Zittern)</li> </ul>	<b>generell:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herzerkrankungen</li> <li>▪ Störung der Reizbildung/ Reizleitung im Herz</li> <li>▪ Störungen im Elektrolythaushalt (Kalium)</li> <li>▪ Herzschrittmacher</li> <li>▪ hormonelle Dysfunktion</li> <li>▪ Medikamente</li> </ul>	abhängig von der Art der Störung oder der kardialen Erkrankung	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Herzrhythmus</b></li> </ul>	Sinusrhythmus		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erregungsbildungs- und Leitungsstörung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Kreislaufinstabilität möglich</b></li> </ul>	Nicht jede Rhythmusstörung bedeutet eine Kontraindikation für Physiotherapie. Information beim Arzt einholen, wie weit der Patient belastet werden darf.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Herzfrequenz</b> (wird auch über Pulsoxymeter gemessen)</li> </ul>	50–90 bpm (Sinusrhythmus)		<b>a) Tachykardie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herzrhythmusstörungen</li> <li>▪ erhöhter oder gesenkter peripherer Widerstand</li> <li>▪ Atemnot</li> <li>▪ Stress, Angst, Schmerz</li> <li>▪ Hypo-/ Hypervolämie</li> <li>▪ Entzugssyndrome</li> <li>▪ Katecholamine</li> </ul>	<b>a) Tachykardie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Atemfrequenz ↑</b></li> <li>▪ <b>Blutdruckveränderungen möglich</b></li> <li>▪ <b>Symptome des kardiogenen Schocks</b></li> <li>▪ <b>motorische Unruhe</b></li> <li>▪ <b>Angst, Stress</b></li> <li>▪ <b>Fokussierung auf Herzschlag</b></li> </ul>	<b>a) Tachykardie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Belastung ↓</li> <li>▪ körperliche Belastung nur unter Beachtung klinischer Zeichen</li> <li>▪ Entspannungsmaßnahmen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Formveränderungen (QRS-Komplex; ST-Strecke)</b></li> </ul>	QRS-Breite < 0,14s		<b>b) Bradykardie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herzrhythmusstörungen</li> <li>▪ Medikamente (β-Blocker, Glykoside)</li> <li>▪ Vago-vasale Reaktion</li> <li>▪ Hypoxie</li> </ul>	<b>b) Bradykardie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>antriebsarm</b></li> <li>▪ <b>verlangsamt</b></li> <li>▪ <b>Bewusstseinsstörungen</b></li> </ul>	Belastung von Patienten mit kardialen Problemen: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Kein</b> Anstieg &gt; 20 bpm</li> <li>▪ <b>Kein</b> Abfall &gt; 10 bpm</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Myokardischämien/ Myokardinfarkt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Kreislaufinstabilität möglich</b></li> </ul>	Belastung in Abhängigkeit der objektiven und subjektiven Parameter und Vitalzeichen

Methoden/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Mögl. Urs. für abw. Werte	Auswirk. auf A   HK   BA   WB	Relevanz für Physiotherapie
<b>Blutdruck</b> gemessen: ▪ <b>invasiv</b> (arterieller Zugang)  ▪ <b>nicht invasiv</b> (Manschette/ NBP)  (Blutdruck ist abhängig von Herzzeitvolumen und Gefäßwiderstand, d.h. gemessen wird der Blutfluss im Verhältnis zum peripheren Widerstand)	120/ 80 mmHg MAP 65–100 mmHg  <b>a) Hypertonie</b> > 140 mmHg systolisch > 90 mmHg diastolisch  <b>b) Hypotonie</b> < 100 mmHg systolisch  Werte können altersabhängig variieren.	▪ Kanülenlage ▪ Position des Druckaufnehmers (Herzniveau) ▪ Druckaufnehmer nicht richtig kalibriert ▪ Bewegung ▪ Abknicken  ▪ Manschettengröße ▪ Manschettelage	<b>a) Hypertonie</b> ▪ erhöhter peripherer Widerstand ▪ Medikamente ▪ hormonelle Dysfunktion ▪ Stress, Angst ▪ Entzugssyndrome ▪ Schmerz  <b>b) Hypotonie</b> ▪ Herzinsuffizienz ▪ Volumenmangel ▪ Medikamente ▪ hormonelle Dysfunktion ▪ Schock ▪ vago-vasale Reaktion	<b>a) Hypertonie</b> ▪ <b>Dyspnoe</b> ▪ <b>Lungenödem</b> ▪ <b>Herzinsuffizienz (akut u. chronisch)</b> ▪ <b>chronische Gefäßschädigung</b> ▪ <b>erhöhte Herz-/ Kreislaufbelastung</b> ▪ <b>Unruhe</b>  <b>b) Hypotonie</b> ▪ <b>periphere Durchblutung ↓</b> ▪ <b>orthostatische Dysregulation</b> ▪ <b>Bewegungsantrieb ↓</b> ▪ <b>Vigilanz ↓ möglich</b>	<b>a) Hypertonie</b> ▪ Kreislauf entlastende ASTEN ▪ Entspannung; Beruhigung  ▪ motorische Belastung anpassen  <b>b) Hypotonie</b> ▪ zentralisierende Lagerung ▪ Kreislaufanregung ▪ periphere Kompression ▪ schrittweise, vorsichtige Mobilisation  <b>a)+b)</b> ▪ bei Dekompensation keine Behandlung ▪ Niveau des Druckaufnehmers bei Lageveränderung anpassen
<b>ZVD (zentralvenöser Druck)</b> gemessen über Katheter in der V. cava vor dem rechten Vorhof  <b>Monitoring:</b> ▪ des Druckes im rechten Vorhof ▪ der rechtsventrikulären Leistungsfähigkeit	8–12 mmHg (bei Spontanatmung) kritisch > 18 mmHg  individuelle Einstellung der Grenzwerte abhängig vom Krankheitsbild	▪ Position des Druckaufnehmers ▪ Druckaufnehmer nicht kalibriert ▪ laufende hochmolare Infusionen	<b>a) ZVD zu hoch bei</b> ▪ Rechtsherzinsuffizienz ▪ globaler Herzinsuffizienz ▪ pulmonaler Hypertonie ▪ Hypervolämie ▪ Lungenembolie ▪ hohem PEEP ▪ intraabdominaler Druckerhöhung  <b>b) ZVD zu niedrig bei</b> ▪ Volumenmangel	<b>a) ZVD ↑</b> ▪ Ödeme ▪ <b>Dyspnoe</b>  <b>b) ZVD ↓</b> ▪ <b>intravasaler Volumenmangel</b>	<b>a) ZVD ↑</b> ▪ keine rückflussteigernden Maßnahmen ▪ keine Lymphdrainage ▪ Herzbettlagerung ▪ Kompression bzw. Antithrombosestrümpfe nur nach Rücksprache  <b>b) ZVD ↓</b> ▪ reduzierte körperliche Belastbarkeit
<b>LAP (Linker Vorhofdruck oder pulmonalkapillärer Druck)</b>  ▪ gemessen über Katheter, der intraoperativ über den epigastrischen Winkel direkt in den linken Vorhof platziert wird.  Liegt kurzzeitig nach Herzoperationen (AKE, MKE)	6–15 mmHg kritisch > 20 mmHg	▪ Position des Druckaufnehmers (Herzniveau) ▪ Druckaufnehmer nicht kalibriert	<b>LAP erhöht bei</b> ▪ Linksherzinsuffizienz ▪ Klappeninsuffizienz ▪ Lungenödem ▪ hohem Beatmungsdruck	<b>LAP erhöht:</b> ▪ <b>O<sub>2</sub>-Mangel</b> Gefahr des: ▪ <b>Lungenödems</b> ▪ <b>Kreislaufversagens und Multiorganversagens</b>	▪ Herzbett ▪ Herz/ Kreislauf entlastende ASTEN

Methoden/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Mögl. Urs. für abw. Werte	Auswirk. auf A   HK   BA   WB	Relevanz für Physiotherapie
<p><b>PAP</b> (Pulmonalarterieller Druck)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>gemessen in Pulmonalarterie zur Beurteilung der Leistung des rechten Herzens</li> </ul> <p><b>PCWP</b> (pulmonalkapillärer Verschlussdruck oder Wedgedruck)</p>	<p>systolisch 15–28 mmHg diastolisch 5–16 mmHg Mitteldruck 10–22 mmHg</p> <p>5–16 mmHg</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Position des Druckaufnehmers</li> <li>Druckaufnehmer nicht kalibriert</li> </ul>	<p><b>PAP erhöht bei</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>COPD</li> <li>Pulmonalem Hypertonus</li> <li>Atelektasen</li> <li>Lungenembolie</li> <li>ARDS</li> <li>hohem Beatmungsdruck</li> <li>hohem intraabdominellem Druck</li> <li>Schlafapnoesyndrom</li> </ul> <p><b>PCWP erhöht bei</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tachykardie</li> <li>Herzinsuffizienz</li> <li>Mitralstenose</li> <li>intraabdominaler Druckerhöhung</li> <li>hohem Beatmungsdruck</li> </ul>	<p><b>PAP erhöht:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Atemfrequenz ↑</li> <li>O<sub>2</sub> Sättigung ↓</li> <li>Herzfrequenz ↑</li> <li>Zeichen der Rechtsherzinsuffizienz möglich</li> <li>motorische Belastbarkeit ↓</li> </ul> <p><b>PCWP erhöht:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Atemfrequenz ↑</li> <li>Herzfrequenz ↓</li> <li>Blutdruck ↓</li> </ul>	<p><b>CAVE:</b> Bei Bewegung und Lagewechsel: Katheter ist nicht fixiert, dadurch Gefahr der Dislokation; Herzrhythmusstörungen und Tamponade des Herzens möglich</p> <p>Abknicken vermeiden, da häufig Katecholamine über diesen Katheter appliziert werden.</p> <p>Oberkörper Hochlagerung!</p>
<p><b>Atemfrequenz</b> gemessen werden die Atemzüge pro Minute</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Respirationskurve des EKGs</li> <li>CO<sub>2</sub>-Messküvette am Beatmungsschlauch</li> </ul>	<p>12–20 /min kritisch &lt; 5 und &gt;35 /min</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Artefakte durch Bewegung</li> <li>Fehler bei der Ableitung</li> <li>Elektrodenlage</li> <li>schlechte Reizleitung, wenn Haut nass, ölig, schweißig, behaart</li> <li>Sekret in der Küvette</li> </ul>	<p><b>Atemfrequenz ↑</b> durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erhöhten O<sub>2</sub>-Bedarf</li> <li>Stress, Angst, Schmerz</li> <li>Patient wehrt sich gegen den Respirator</li> <li>metabolische Azidose</li> <li>neurogene Funktionsstörung</li> <li>restriktive und obstruktive Lungenfunktionsstörungen</li> <li>Schock</li> </ul> <p><b>Atemfrequenz ↓</b> durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>neurogene Funktionsstörung</li> <li>Medikamente, z. B. Sedierung → fehlender Atemantrieb</li> <li>metabolische Alkalose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>vermehrte Atemarbeit</li> <li>Hyperventilation → respiratorische Alkalose</li> <li>Blutdruck ↑, HZV ↑ und O<sub>2</sub>-Bedarf ↑</li> <li>Hyperventilationstetanie</li> <li>Ermüdung der Atemmuskulatur</li> <li>Fokussierung auf Atmung</li> <li>Respiratorische Azidose</li> <li>motorische Leistungsfähigkeit ↓</li> <li>pCO<sub>2</sub> ↑ → Vigilanzminderung bis Koma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beruhigung und Entspannung bei Erfordernisatmung</li> <li>atemerleichternde ASTEN</li> <li>Reduzierung der Atemarbeit</li> <li>keine atemtherapeutische Totraumvergrößerung</li> <li>bei fehlendem Atemantrieb Atemanregung</li> </ul>
<p><b>Peripher gemessene O<sub>2</sub>-Sättigung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>gemessen mit Pulsoxymeter, einer Infrarot-Lichtquelle an Finger, Ohr oder Stirn</li> </ul> <p>Grad der Sättigung des Hb mit O<sub>2</sub></p>	<p>95–100% zwischen 80–90% behandlungsbedürftig &lt; 80% über längere Zeit Gefahr der hypoxischen Schädigung</p> <p><b>CAVE:</b> veränderte Werte bei chronisch respiratorischen Erkrankungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hypothermie</li> <li>abhängig von Lage</li> <li>verändert durch Bewegung, Farbstoffe (z. B. Nagellack)</li> <li>Hämoglobinopathie</li> <li>Durchblutung gestört bei Zentralisierung/Schock</li> <li>Kompression durch Sensor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hb ist nicht genügend mit O<sub>2</sub> aufgesättigt</li> <li>Zentraler Veno-arterieller Shunt</li> <li>Peripherer arterio-venöser Shunt</li> <li>Atemantrieb vermindert (obstruktive) Lungenerkrankungen</li> <li>Ventilations-/ Diffusionsstörung</li> <li>Ventilations-/ Perfusionsstörung</li> </ul>	<p>Bei persistierendem O<sub>2</sub>-Mangel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Atemfrequenz ↑</li> <li>Hypoxie</li> <li>Herzfrequenz ↑</li> <li>HZV ↓ (↑),</li> <li>Blutdruck ↓</li> <li>reduzierte motorische Belastbarkeit</li> <li>Wahrnehmung und Bewusstsein vermindert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>atemerleichternde und kreislaufentlastende ASTEN</li> <li>motorische Belastung anpassen</li> </ul>



## 2. Beatmung

**Hinweis:** Es gibt über einhundert Beatmungsformen und Bezeichnungen. In der DIN ISO 19223:2021 wurde dafür eine einheitliche Nomenklatur festgelegt. Die nachstehenden Tabellen liefern einen kurzen Überblick über die in Deutschland gängigen Beatmungsmodi.

Der konkrete Beatmungsmodus kann sehr verschieden sein, und richtet sich nach der Technik des zur Verfügung stehenden Gerätes sowie den Erfordernissen der jeweiligen Station und des Patienten.

Neben den Einstellungen am Respirator wird deutlich, welche Fehlerquellen auftreten können, welchen Einflüssen die (Organ)Systeme unterliegen und welche Bedeutung das für die physiotherapeutische Behandlung haben kann.

### 2.1. Kontrollierte Beatmung (Atemarbeit des Patienten 0%, Unterstützung durch Gerät 100%)

CMV (Controlled Mandatory Ventilation)\*

Methode/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Einstellung	Auswirk. auf A   HK   BA   WB	Relevanz für Physiotherapie
<b>Atemfrequenz</b> (AF)	8-15/min	Diskonnektion  Blockade des Schlauchsystems/ Kondenswasser  Störung der Sensoren  Cuff undicht  Defekt oder Dislokation des Tubus/ der Trachealkanüle	vom Respirator vorgegeben	CMV-Beatmung ist bei Patienten auch ohne Sedierung möglich oder erforderlich, z.B. bei Atemmuskelschwäche/-lähmung (neurologische Krankheitsbilder) <ul style="list-style-type: none"> <li>zentrale Atemdepression</li> <li>keine eigenen Atemaktionen oder -reaktionen möglich</li> <li>Bewusstsein stark reduziert bis komatös</li> <li>Muskeltonus ↓</li> </ul>	Ist der Patient tief analgosediert oder relaxiert, sind die Folgen einer langen kontrollierten Beatmung gravierend. Generell: Schwäche der Atem- (Zwerchfell) und Rumpfmuskulatur, Mobilitätsverlust in Thorax und Gelenken. <ul style="list-style-type: none"> <li>Beeinflussung der Atmung ist nicht möglich, daher nur passive Maßnahmen zur Strukturhaltung (Thoraxmobilität und Gewebselastizität)</li> <li>Thorax-Kompression zur Atemtherapie nicht indiziert</li> </ul>
<b>Anteil des Sauerstoffs im Atemgas</b> (Fi O <sub>2</sub> )	Anteil von O <sub>2</sub> im Inspirationsgas (Raumluft) 21%	nicht funktionsfähiger Filter	Variabel  Anteil der O <sub>2</sub> -Menge bei der Beatmung: 30-100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimierung des O<sub>2</sub>-Angebots für verbesserte Oxygenierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reizwahrnehmung und -verarbeitung sind abhängig von der Sedierungstiefe, d.h. physiologische Muskelaktivität ist nicht zu erwarten</li> </ul>
<b>Verhältnis der Einatemzeit zur Ausatemzeit</b> (I:E)	1:2		von 1:1 bis 2:1 ist alles möglich		<ul style="list-style-type: none"> <li>Gelenkschutz bei Lagerung und Bewegen beachten</li> <li>Bei einer Diffusionsstörung sind die O<sub>2</sub>-Aufnahme und/ oder CO<sub>2</sub>-Abgabe vermindert, daher evtl. Lagerungstherapie anpassen</li> <li><b>Beachte:</b> Die Dosierung der körperlichen Belastung muss sich nach der O<sub>2</sub>-Sättigung im Verhältnis zur O<sub>2</sub>-Gabe richten.</li> <li>Sekret-Transport nur durch Umlagern und Bewegen.</li> <li>Sekret-Elimination durch endotracheales Absaugen</li> </ul> <p><b>Beachte:</b> Die Dosierung der körperlichen Belastung muss sich nicht nur der O<sub>2</sub>-Sättigung sondern auch den Blutdruck und Puls anpassen.</p> <p><b>CAVE:</b> keine Gewebetechniken bei Hautemphysem oder Ödemen</p>

Methode/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Einstellung	Auswirk. auf A   HK   BA   WB	Relevanz für Physiotherapie
<b>Beatmungsdruck (<math>\Delta P</math>)</b>	10–15 mbar		<p><b>Individuell</b> an die Situation des Patienten angepasst</p> <p>Je höher <math>\Delta P</math>, desto gravierender die Auswirkung auf den gesamten Organismus. Deshalb: <math>\Delta P</math> so niedrig wie möglich, da eine invasive Beatmung an sich schon Lungenschäden verursacht.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Optimierung des Gasaustausches</li> <li>▪ Vermeiden bzw. Öffnen von Dys- und Atelektasen</li> <li>▪ Überwinden von Atemwegswiderständen</li> <li>▪ Atemmittellage <math>\uparrow</math></li> <li>▪ Restriktion <math>\downarrow</math></li> <li>▪ Alveolen werden auch bei Expiration offen gehalten.</li> <li>▪ Funktionelle Residualkapazität <math>\uparrow</math></li> <li>▪ wenig Kaliberschwankungen in den Bronchien</li> </ul> <p>→ Sekretolyse und -transport sind erschwert.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Blutdruck <math>\downarrow</math></li> <li>▪ Organdurchblutung <math>\downarrow</math></li> <li>▪ ICP <math>\uparrow</math></li> </ul> <p><b>CAVE:</b> Bei hohem <math>P_{max}</math> / hohem PEEP → Katecholaminpflichtigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ intrathorakaler Druck <math>\uparrow</math></li> <li>▪ Coronardurchblutung <math>\downarrow</math></li> <li>▪ Auswurfleistung des Herzens <math>\downarrow</math></li> </ul>	<p><b>CAVE:</b> Beatmungsdruck und PEEP summieren sich auf, deshalb Vorsicht mit Thoraxkompressionen</p> <p>Bei hohen Beatmungsdrücken besteht die Gefahr eines Pneumothorax oder eines Hautemphysems</p>
<b>Positiver end-expiratorischer Druck (PEEP)</b>	Intrinsischer PEEP 2 mbar		<p>4–15 mbar und höher möglich. Je höher der PEEP, desto gravierender die Auswirkungen auf den gesamten Organismus.</p>	<p><b>CAVE:</b> Bei hohem <math>P_{max}</math> / hohem PEEP → Katecholaminpflichtigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ intrathorakaler Druck <math>\uparrow</math></li> <li>▪ Coronardurchblutung <math>\downarrow</math></li> <li>▪ Auswurfleistung des Herzens <math>\downarrow</math></li> </ul>	
<b>Atemgasbeimischung Stickstoffmonoxid (NO)</b>	0,97% Vol. Edelgase		<p>0,5–20 ppm maximal 40 ppm</p>	<p>NO bewirkt eine pulmonale Vasodilatation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PAP <math>\downarrow</math></li> <li>▪ Verringerung des Shuntblutvolumens</li> <li>▪ entlastet den Kreislauf durch Vasodilatation</li> <li>▪ <math>O_2</math>-Partialdruck <math>\uparrow</math></li> </ul> <p>→ Verbesserung der Oxygenierung durch Verbesserung des Ventilations-Perfusions-Verhältnisses</p>	<p><b>CAVE:</b> <b>Vasodilatation</b> → Körperliche Belastung an die Herz-Kreislaufsituation anpassen</p>

\* CMV: Volumen- (VCMV) oder druckkontrollierte (PCMV) Beatmung des Patienten, der Patient kann nicht selbständig atmen