



Mini-Handbuch Dräger Beatmung

Beatmungsmodi und Funktionen kurz erklärt

Version 2.0

Dräger

Technik für das Leben

Inhaltsverzeichnis

	Seite
PC-BIPAP vs. PC-AC Pressure Control – Biphasic Positive Airway Pressure vs. Pressure Control – Assist Control	4
PC-APRV (Pressure Control – Airway Pressure Release Ventilation)	7
VC-MMV + AutoFlow Volume Control – Mandatory Minute Volume + AutoFlow	9
ATC Automatische Tubuskompensation	11
SPN-PPS (Proportionale Druckunterstützung)	14
SmartCare/PS	16
P0.1 – Okklusionsdruckmessung	23
Leckagekompensation	25
NIV (Nicht-invasive Ventilation)	28
Variable PS – Variable Pressure Support	31
PEEPi – intrinsischer PEEP / AutoPEEP	34
Low-Flow-Manöver	37
Beatmungsbezeichnungen	39
Notizen	41

PC-BIPAP vs. PC-AC

Pressure Control - Biphasic Positive Airway Pressure vs. Pressure Control - Assist Control

PC-BIPAP

- Anzahl an mandatorischen Hüben ist vorgegeben, diese sind in- und expiratorisch synchronisiert
- freie Durchatembarkeit

PC-AC (BIPAP Assist)

- maschinen- oder patientengetriggert, maschinelle Hübe sind inspiratorisch synchronisiert
- Spontanatmung jederzeit möglich
- Back-up Frequenz

Bei PC-BIPAP kann der Patient jederzeit spontan atmen, wobei die Anzahl an mandatorischen HÜben vorgegeben ist. In diesem Modus werden die mandatorischen HÜbe sowohl inspiratorisch als auch expiratorisch mit den Atembemühungen des Patienten synchronisiert. Bei einer Verkürzung des mandatorischen Hubes aufgrund der Synchronisation der Expiration wird der darauffolgende mandatorische Hub verlängert. Durch die Synchronisation der Inspiration wird die Expirationsphase verkürzt. Hier wird die darauf folgende Expirationszeit um die fehlende Zeit verlängert. Dadurch bleibt die eingestellte mandatorische Atemfrequenz f konstant. Wird innerhalb des inspiratorischen Triggerfensters keine Spontanatmung erkannt, werden maschinengetriggerte Beatmungshübe appliziert. Während der Spontanatmung auf PEEP-Niveau kann der Patient mit Hilfe von Pressure Support PS druckunterstützt werden.



D-9462-2025

Abb. 1 (PC-BIPAP mit mandatorischen und spontanen Atemhüben)

Bei PC-AC löst jeder erkannte Atemversuch auf PEEP-Niveau einen mandatorischen Atemhub aus. Der Patient bestimmt somit den Zeitpunkt und die Anzahl der mandatorischen Beatmungshübe. Um dem Patienten genügend Zeit für die Expiration zu geben, ist es nicht möglich direkt nach einem erfolgten Atemhub einen erneuten mandatorischen Hub zu triggern. Falls nach Ablauf der Expirationszeit kein Beatmungshub getriggert wurde, wird automatisch ein mandatorischer Beatmungshub appliziert (Backup-Frequenz).



Abb. 2 (PC-AC mit getriggerten und ungetriggerten Atemhüben)

D-9463-2025

PC-APRV

(Pressure Control – Airway Pressure Release Ventilation)

- druckgesteuert
- zeitgesteuert
- maschinell getriggert
- Spontanatmung unter kontinuierlichem positivem Beatmungsdruck mit kurzen Druckentlastungszeiten (Bildschirmfoto)

Bei der PC-APRV findet die Spontanatmung des Patienten auf dem oberen Druckniveau P_{hoch} statt. Dieses Druckniveau P_{hoch} wird für die Dauer von T_{hoch} beibehalten. Um eine aktive Expiration zu erreichen, wird der Druck für einen kurzen Zeitraum von T_{tief} auf P_{tief} gesenkt. Um die CO_2 -Elimination zu unterstützen, wird der Druck dann für die kurze Zeit T_{tief} auf P_{tief} gesenkt. Der Wechsel zwischen den beiden Druckniveaus wird maschinell ausgelöst und zeitlich getaktet. Das Atemzugvolumen (VT), das während der Entlastungszeiten ausgeatmet wird, ergibt sich aus der Druckdifferenz zwischen P_{tief} und P_{hoch} und der Lungenmechanik. Ändert sich der Widerstand oder die Compliance der Lunge während der Beatmungsbehandlung, kann auch das zugeführte Tidalvolumen (VT) und damit das Minutenvolumen MV variieren. Während der Aktivierung von AutoRelease wird die Dauer des abgelassenen Drucks durch den expiratorischen Flowverlauf bestimmt. Die Einstellung Exp. term. bestimmt den Prozentsatz, um den der expiratorische Flow im Verhältnis zum Peak-Flow unterschritten werden muss, damit die Beatmung wieder auf das hohe Druckniveau zurückkehrt.

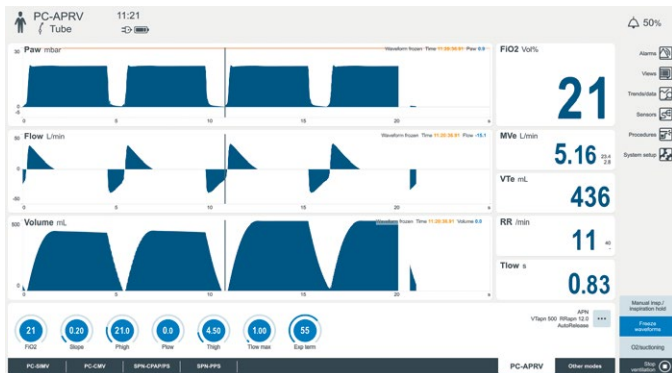


Abb. 1 PC-APRV mit eingeschaltetem AutoRelease und gemessenem Tlow in Sekunden



Abb. 2 PC-APRV mit Spontanatmung auf High-Niveau

VC-MMV + AutoFlow

Volume Control - Mandatory Minute Volume + AutoFlow

- volumenkontrollierte Beatmung zur Sicherung eines mandatorischen Minutenvolumens
- bei zunehmender Spontanatmung des Patienten, die zu jeder Zeit möglich ist, erfolgt eine automatische und graduelle Reduzierung der maschinellen Beatmungshübe
- ermöglicht ein automatisches Entwöhnen durch Reduktion von maschineller Atemfrequenz und
- notwendigem Beatmungsdruck

VC-MMV verhält sich wie VC-SIMV, jedoch werden die mandatorischen Beatmungshübe nur verabreicht, wenn die Spontanatmung nicht ausreichend ist und unter ein vorgegebenes Minutenvolumen sinkt. Nimmt die Spontanatmung zu, werden weniger mandatorische Hübe verabreicht. Somit garantiert VC-MMV, dass der Patient immer mindestens das eingestellte Minutenvolumen MV ($MV=VT \cdot f$) erhält. Die applizierten maschinengetriggerten, zeitgesteuerten Hübe werden mit den Einatemanstrengungen des Patienten synchronisiert. Dem Patienten ist es dabei jederzeit möglich auf PEEP-Niveau spontan zu atmen. Reicht die Spontanatmung des Patienten aus, um das eingestellte MV zu erreichen, werden keine weiteren mandatorischen Hübe appliziert. Die eingestellte Atemfrequenz f ist somit die maximale Anzahl der mandatorischen Hübe. Während der Spontanatmung auf PEEP-Niveau kann der Patient mit Hilfe von Pressure Support PS druckunterstützt werden. Jede Einatemanstrengung des Patienten auf dem PEEP-Niveau, die die Triggerkriterien erfüllt, löst einen druckunterstützten Beatmungshub aus. Zeitpunkt, Anzahl und Dauer der druckunterstützten Beatmungshübe werden durch die Spontanatmung des Patienten bestimmt. Durch AutoFlow AF wird sicherge-

stellt, dass bei allen volumenkontrollierten, mandatorischen Hüben das eingestellte Tidalvolumen V_T mit minimal notwendigem Druck appliziert wird. Im Falle sich verändernder Resistance R oder Compliance C wird der Druck schrittweise adaptiert, um das eingestellte V_T verabreichen zu können. Es wird sowohl der Druck als auch der Flow automatisch angepasst. Während des gesamten Atemzyklus, sowohl während Inspiration als auch während Expiration, ist es dem Patienten möglich spontan zu atmen.

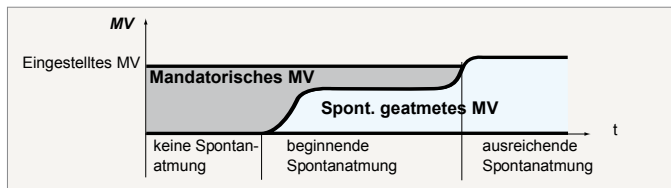


Abb. 1 (Von 100 % Beatmung zu 100 % Spontanatmung)

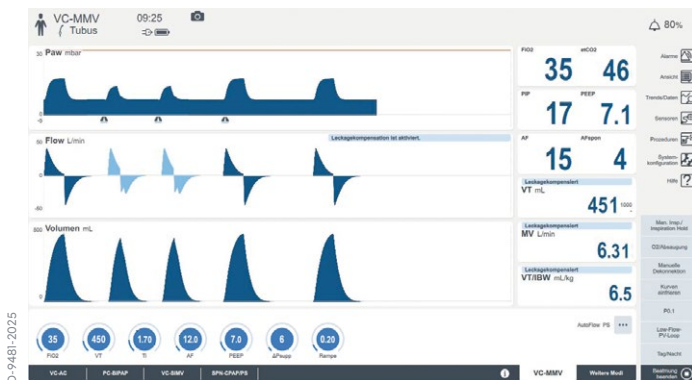


Abb. 2 (VC-MMV + AF mit mandatorischem Hub und Spontanatmung)

Automatische Tubuskompensation

- stellt sicher, dass der eingestellte Atemwegsdruck auch in der Trachea erreicht wird
- wird auf der Grundlage eines mathematischen Tubusmodells, des eingestellten Tubustyps und des Tubusinnendurchmessers berechnet und angezeigt (Trachealdruck)
- kann in jedem Beatmungsmodus zugeschaltet werden

Der Tubus als künstlicher Atemwegswiderstand ist Hauptgrund für eine erhöhte Atemarbeit des Patienten. Die automatische Tubuskompensation ist ein Zusatz für alle Beatmungsmodi und sie ermöglicht eine präzise und einfach einzustellende Kompensation dieser erhöhten Atemarbeit. In Bezug auf die Atemanstrengung soll der Patient sich dabei so fühlen, als sei er gar nicht intubiert. Ein Gasfluss durch den Tubus führt zu einer Druckdifferenz (ΔP Tubus) zwischen Anfang und Ende des Tubus [Abb. I]. Diese Druckdifferenz müsste die Atemmuskulatur in Form eines erhöhten Unterdrucks in der Lunge aufbringen. Die erhöhte Atemarbeit kann aber kompensiert werden, indem der Druck vor dem Tubus genau um den Betrag der Druckdifferenz erhöht wird. Daher muss auch der Druck vor dem Tubus kontinuierlich an den jeweiligen Gasfluss angepasst werden. Mit Hilfe des vom Beatmungsgerät gemessenen Gasflusses, wird die aktuelle Druckdifferenz berechnet. Die Tubuskompensation kann in jedem Beatmungsmodus zugeschaltet werden. Zunächst wird die Tubusgröße eingestellt. Über den Kompensationsgrad (in der Regel 100 %) kann eine Feinjustierung an den jeweiligen Tubus vorgenommen werden, um eine Überkompensation zu vermeiden. Der Atemwegszugang, Tubus oder Trachealkanüle, wird ebenfalls eingestellt. Eventuell vorgenommene Tubuskürzungen haben keinen wesentlichen Einfluss auf den Tubuswiderstand

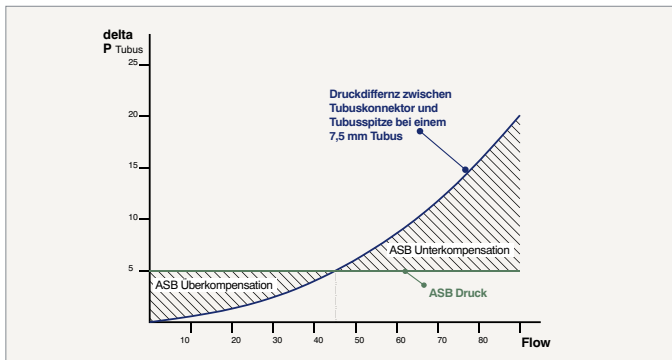


Abb. 2 Fest eingestellte Druckunterstützung (ASB) im Vergleich zur prinzipiell notwendige Druckunterstützung (blaue Linie) zur Kompensation eines Tubus'

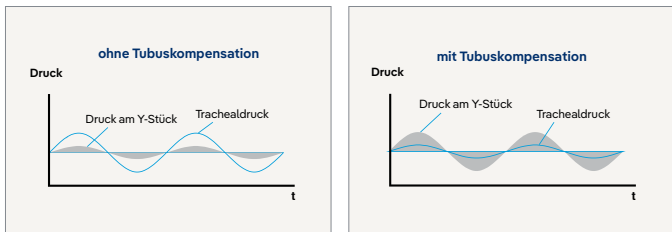


Abb. 3 Druckverlauf bei in- und expiratorischer Tubuskompensation.

SPN-PPS

Spontaneous – Proportional Pressure Support (Proportionale Druckunterstützung)

- appliziert eine patientengetriggerte Druckunterstützung proportional zu den Einatembemühungen des Patienten
- der Grad der Unterstützung ist getrennt nach restriktiv und obstruktiv bedingter Atemarbeit einstellbar

Bei SPN-PPS erfolgt eine Druckunterstützung vorteilhafterweise proportional zu den Einatembemühungen des Patienten. Atmet der Patient flach, erfolgt eine geringe Unterstützung. Bei einem tiefen Atemzug wird mehr Unterstützung appliziert. Die absolute Höhe der Unterstützung ist sowohl von den Einstellungen der Parameter Flow-Assist und Volume-Assist als auch vom Patienten abhängig. Die zwei Arten der Druckunterstützung, volumenproportionale Druckunterstützung (Volume-Assist) und flowproportionale Druckunterstützung (Flow-Assist) [Abb. 1], können miteinander kombiniert werden. Bei richtiger Einstellung wird nur die krankheitsbedingt, erhöhte Atemarbeit kontinuierlich angepasst und kompensiert – die physiologische Atemarbeit wird weiter alleine vom Patienten geleistet. Flow-Assist hilft die Atemwegswiderstände R zu überwinden, hierbei erfolgt die Druckunterstützung proportional zum Flow. Mit Hilfe von Volume-Assist hingegen können die durch eine eingeschränkte Dehnbarkeit der Lunge bedingten elastischen Widerstände C kompensiert werden. Die Druckunterstützung erfolgt proportional zum Atemzugvolumen. Die Relation zwischen Einatemanstrengung und Druckunterstützung bleibt bei gleichen Einstellungen konstant, während die Druckunterstützung von Atemzug zu Atemzug variiert. Bei fehlender Spontanatmung entfällt auch die maschi-

nelle Unterstützung. Apnoe- und Minutenvolumen-Überwachung müssen daher angemessen eingestellt werden.

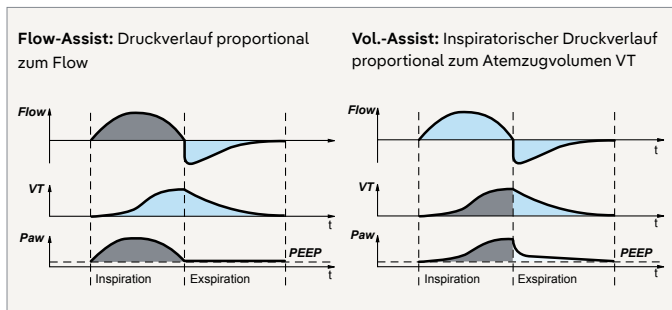


Abb. 1 Regelungen bei Flow- und Volume-Assist



Abb. 2 SPN-PPS, typische Druck- und Flowkurve

SmartCare

- ist ein automatisiertes klinisches Protokoll
- reduziert die Druckunterstützung auf Basis der gemittelten Messwerte der Spontanatemfrequenz, des Atemzugvolumens und des endtidalen CO_2 bis das niedrigst mögliche Niveau erreicht wird
- kann die Gesamtbeatmungsdauer um bis zu 33 % und die Verweildauer auf der Intensivstation um bis zu 20 % verkürzen)

SmartCare/PS ist ein automatisiertes klinisches Protokoll, das konzipiert wurde, um die Spontanatmung des Patienten in einer „Komfortzone“ zu stabilisieren und die Beatmungsunterstützung automatisch zu reduzieren. Die Patienten sollten zur Entwöhnung bereit, d.h. hämodynamisch stabil sein und eine angemessene Oxygenierung und Spontanatmung aufweisen. SmartCare/PS versucht, den Patienten innerhalb der „normalen Ventilation“ zu halten und bringt ihn im Falle einer gegenteiligen Diagnose wieder auf den „richtigen Weg“. Der Beatmungsstatus des Patienten wird in acht verschiedene Diagnosen klassifiziert und es werden definierte Maßnahmen ergriffen, um den Patienten in einen Bereich der „normalen Ventilation“ auch genannt die „Zone des respiratorischen Komforts“ zurückzubringen. Die drei zentralen Kriterien sind Spontanatemfrequenz f_{spn} , Tidalvolumen VT , und endtidales CO_2 $et\text{CO}_2$ [Messwerte des Beatmungsgerätes]. Dieses Protokoll ist während aller Phasen einer SmartCare/PS-Sitzung aktiv. Darüber hinaus wird in einer als „Anpassen“ bezeichneten Phase das Niveau der Druckunterstützung schrittweise reduziert, während kontinuierlich überprüft wird, ob der Patient das neue Niveau verträgt. Wenn dies der Fall ist, wird die Druckunterstützung weiter vermindert, wenn nicht, wird sie wieder auf ein für den Patienten angemessenes Niveau erhöht. Im Optimalfall erfolgt eine schrittweise Reduzierung der Druckunterstützung auf direktem Wege, bis das niedrigste Niveau erreicht ist.

Voraussetzungen

Wichtig ist, den „richtigen“ Patienten auszuwählen. SmartCare/PS eignet sich insbesondere für die Patienten mit primär restriktivem Problem und erwarteter längerer Entwöhnungszeit. SmartCare/PS kann nie den Therapeuten ersetzen. Der Vorteil von SmartCare/PS besteht darin, dass es kontinuierlich am Patienten verfügbar ist und viel häufiger Einstellungsveränderungen vornehmen kann als dies manuell möglich wäre. Um die Entwöhnung mit SmartCare/PS zu starten, muss der Patient hämodynamisch stabil sein, mit SPN-CPAP/PS beatmet werden (optional mit ATC) und ein PEEP von ≤ 20 mbar eingestellt sein.

Schnelleinstieg

1. Patient

- Körpergröße des Patienten einstellen; daraus ergibt sich das ideale Körpergewicht (IBW) und die untere Grenze für das Atemzugvolumen (V_t)
- Maximal zulässigen PEEP Wert und inspiratorische Sauerstoffkonzentration für den Beginn des Spontanatemversuches einstellen.



SmartCare/PS kann mit jeder PEEP Einstellung zwischen 0 und 20 mbar und jeder eingestellten FiO_2 Konzentration gestartet werden. Der Spontanatemversuch beginnt jedoch erst, wenn der Zielunterstützungsdruck (ΔP_{supp} Ziel, siehe 2.) erreicht ist und die vom Anwender eingestellten Werte für PEEP und FiO_2 erreicht oder unterschritten sind.

2. Atemwegszugang

Auf Basis dieser Einstellungen definiert sich der Zielunterstützungsdruck, bei welchem der Spontanatemversuch beginnt (vorausgesetzt PEEP und FiO_2 sind ebenfalls unter den eingestellten Werten – siehe 1). Die folgende Tabelle zeigt die Abhängigkeiten der entsprechenden Einstellungen:



Atemwegszugang, Art der Anfeuchtung	$\Delta\text{P}_{\text{Supp}}$	IBW
Patient tracheostomiert, aktive/ keine Anfeuchtung	5 mbar	≥ 36 kg, ATC aus
Patient endotracheal intubiert, aktive/keine Anfeuchtung	7 mbar	≥ 36 kg, ATC aus
Patient tracheostomiert, HME-Filter	9 mbar	≥ 36 kg, ATC aus
Patient endotracheal intubiert, HME-Filter	10 mbar	≥ 36 kg, ATC aus
Patient aktiv befeuchtet	0 mbar	≥ 36 kg, ATC ein
Patient an HME-Filter	5 mbar	≥ 36 kg, ATC ein



Möchte der Therapeut andere Zielwerte für die Druckunterstützung als die, die sich aus der Tabelle ergeben, kann durch Eingabe „falscher“ Angaben (z.B. tracheotomiert statt intubiert) ein anderer Zielwert für die Druckunterstützung beginnt jedoch erst, wenn der Zielunterstützungsdruck ($\Delta\text{P}_{\text{Supp}}$ Ziel, siehe 2.) erreicht ist und die vom Anwender eingestellten Werte für PEEP und FiO_2 erreicht oder unterschritten sind.

3. Anamnese

Auswahl von COPD und neurologischer Störung zur automatischen Anpassung der Obergrenze für etCO_2 und Atemfrequenz (AF).



Die Einstellung COPD „ja“ bewirkt, dass SmartCare/PS etCO_2 Werte kleiner/gleich 64mmHg noch als normal akzeptiert. Dies kann auch bei Patienten mit permissiver Hyperkapnie hilfreich sein. Die Einstellung neurologische Störung „ja“ bewirkt, dass SmartCare/PS Atemfrequenzen bis zu 34/min als normal akzeptiert. Dies kann bei Patienten mit gesteigertem Atemantrieb hilfreich sein.

4. Nachruhe

In der eingestellten Zeit erfolgt keine aktive Entwöhnung, d.h. SmartCare/PS behält das Druckunterstützungsniveau bei. SmartCare/PS verändert jedoch die Druckunterstützung, wenn dies aufgrund einer Pathologie notwendig ist, um den Patienten stabil zu halten.



Nachruhe kann auch eingesetzt werden, um dem Patienten eine Pause von der Entwöhnung zu gewähren. Nachruhe kann auch während einer laufenden Sitzung ein- oder ausgeschaltet und verändert werden.

5. Guideline ändern

Erweiterte Funktionalität zur Individualisierung des Weaning-Protokolls.



Dies erlaubt eine auf den Patienten abgestimmte Zone respiratorischen Komforts zu definieren. Bei Änderung der Guideline haben die eingestellten Anamnesewerte (siehe 3.) keine Auswirkung.

6. Patientensession starten

Flowmessung, CO₂ Messung und Apnoe Ventilation müssen eingeschaltet sein.



Nach erfolgreicher Aktivierung der SmartCare/PS Session erscheint folgendes Symbol in der Kopfzeile 

Tipps und Tricks

- Alarmgrenzen grundsätzlich ober- und unterhalb der Schwellwerte (siehe Gebrauchsanweisung) von SmartCare/PS einstellen.
- Ein Apnoealarm führt zum unerwünschten Abbruch der SmartCare/PS Session.
Daher sollten mögliche Diskonnektionen kürzer als die eingestellte Apnoezeit sein.
- Eine funktionierende CO₂ Messung ist Voraussetzung für SmartCare/PS (CO₂ Küvette so positionieren, dass sich Feuchtigkeit oder Sekret sich hier nicht ansammeln können, z.B. zwischen Y-Stück und HME-Filter oder senkrecht nach oben).
- SmartCare/PS bezogene Ansicht mit spezifischen Informationen konfigurieren (SmartCare/PS Werte, Status und Trends).
- Bei einem Absaugmanöver benutzen Sie die Funktion O₂/Absaugung. Dadurch pausiert SmartCare/PS und gibt dem Patienten ein Erholungszeitfenster.
- SmartCare/PS ist geeignet für erwachsene und pädiatrische Patienten.

Weitere Informationen: www.draeger.com/smartcare

P0.1 – Okklusionsdruckmessung

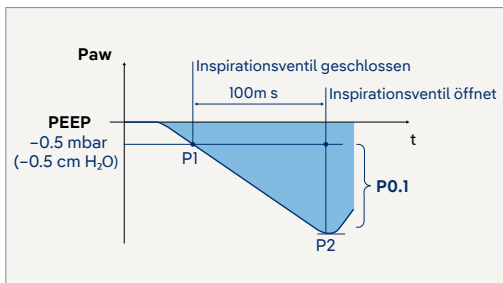
- Messung des Okklusionsdrucks zu Beginn der Inspiration
- ist ein Maß für den neuromuskulären Atemantrieb)

Bei einem P0.1-Manöver hält das Beatmungsgerät das Inspirationsventil nach erfolgter Expiration kurzzeitig geschlossen und misst den Atemwegsdruck, der während 100 ms durch die Inspirationsanstrengung erzeugt wird [Abb.1]. Innerhalb von 100 ms wird der Druck nicht durch physiologische Kompensationsreaktionen, z. B. reflektorischen Atemstillstand oder Verstärkung des Antriebs, beeinflusst. Dieser Druck ist auch grundsätzlich unabhängig von der jeweiligen Muskelkraft des Zwerchfells. Daher ist der negative Munddruck P0.1 nach 0,1 Sekunden ein Maß für den neuromuskulären Atemantrieb). Das Beatmungsgerät zeigt den Wert der gemessenen Druckdifferenz [Abb. 2] an. Bei lungengesunden Menschen unter ruhiger Atmung liegt der P0.1-Wert bei etwa -3 bis -4 mbar (-3 bis -4 cmH₂O). Ein negativ-hoher P0.1-Wert ist Ausdruck eines hohen Atemantriebs, der nur begrenzte Zeit aufrechterhalten werden kann. P0.1-Werte < -6 mbar (-6 cmH₂O), z. B. bei einem COPD-Patienten, zeigen die drohende Erschöpfung an („Respiratory Muscle Fatigue“). Wie in Abbildung 1 dargestellt, beginnt die Zeitbedingung 100 ms, wenn im Zuge der Inspirationsanstrengung ein Unterdruck von -0,5 mbar (-0,5 cm H₂O) unter PEEP/CPAP gemessen wird. Der zweite Druckwert wird nach Ablauf der 100 ms bestimmt. Gleichzeitig wird das Inspirationsventil geöffnet. Der Patient kann wieder normal atmen. Der Wert der Druckdifferenz „P2 – P1“ definiert den Okklusionsdruck P0.1.

Normalwert ¹⁾:

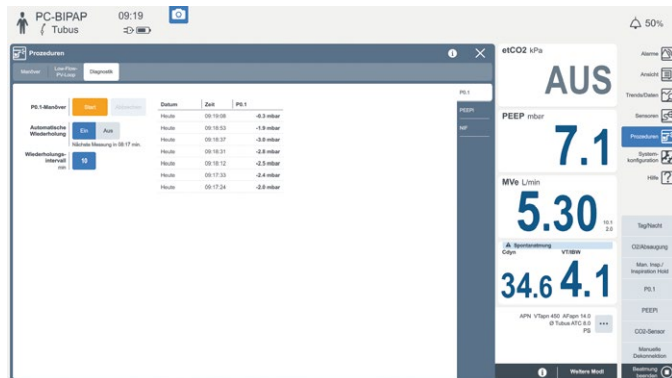
P0.1 = -1 bis -4 mbar

P0.1 < -6 mbar Indikator für eine drohende respiratorische Erschöpfung,
hohe Wahrscheinlichkeit für ein Weaning-Versagen.



1) Oczenski W (ed).
Atmen-Atemhilfen. 8.
Auflage 2008
Tobin MJ (ed). Prin-
ciples and Practice
of Mechanical
Ventilation. Second
Edition. McGraw-Hill,
New York, 2006,
Sasson CSH, et al.
Airway Occlusion
Pressure : An im-
portant Indicator for
successful weaning in
patients with Chronic
obstructive pulmona-
ry disease. AM Respir
Dis. 1987;135:107-113

Abb. 1 Funktionsprinzip der P0.1-Messung



D-9472-2025

Leckagekompensation

- bei volumen- und druckkontrollierter Beatmung werden Leckagen kompensiert
- inspiratorische Flowtrigger-Schwelle und das Abbruchkriterium für Pressure Support werden automatisch angepasst
- mit Leckagekompensation werden alle Volumen- und Flowmess-werte leckagekompensiert angezeigt

Das Beatmungsgerät ermittelt die Differenz zwischen dem inspiratorisch dosierten Flow und dem expiratorisch gemessenen Flow. Diese Differenz ist Maß für die Größe der Leckage und wird als Leckage-Minutenvolumen MV_{leak} und relatives % Leck (MV_{leak} zu MV) angezeigt. Die Berechnung der Leckagekorrektur berücksichtigt die Drücke im Beatmungsschlauchsystem. Der inspiratorische Volumenverlust ist prozentual höher als der expiratorische Verlust, da während der Inspiration der Druck höher ist. Das Leckage-Minuten-Volumen MV_{leak} berücksichtigt auch inspiratorische Leckagen. Bei volumenkontrollierter Beatmung liefert das Beatmungsgerät zusätzliches Volumen, um die Leckage zu kompensieren. Das Gerät kompensiert Volumenverluste bis zu 100 % des eingestellten Atemzugvolumens V_T . Volumen- und Flowmesswerte werden leckagekompensiert angezeigt. Eine Ausnahme stellt das expiratorisch gemessene Minutenvolumen sowie die als inspiratorisch oder expiratorisch gekennzeichneten Messwerte wie V_{Ti} und V_{Te} dar. Die inspiratorische Flowtrigger-Schwelle und das Abbruchkriterium werden auf den leckagekorrigierten Flow angewandt, wodurch beide Einstellungen hinsichtlich der Leckage kontinuierlich optimiert werden.

V_T – Atemzugvolumen, leckagekorrigiert

V_{Ti} – Inspiratorisches Atemzugvolumen, nicht leckagekorrigiert

- VTe - Expiratorisches Atemzugvolumen, nicht leakagekorrigiert
- MV - Minutenvolumen
- MVi - inspiratorisches Minutenvolumen, nicht leakagekorrigiert
- MVe - Expiratorisches Minutenvolumen, gesamt,
nicht leakagekorrigiert
- MVleck - Leakage-Minutenvolumen
(bezieht sich auf den Mitteldruck Pmittel)

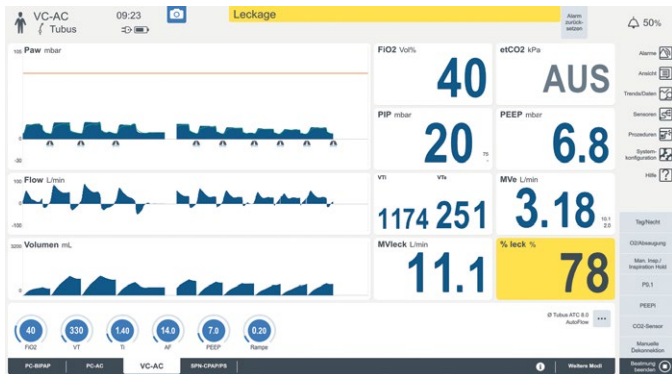


Abb. 1 Bildschirmbeispiel mit VC-AC, großes Leck ohne Leckagekompensation



Abb. 2 Bildschirmbeispiel eines VC-AC großen Lecks mit Leckagekompensation

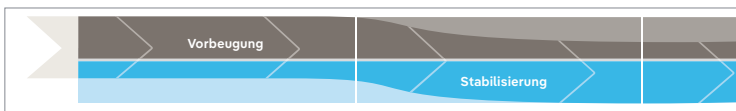
Nicht-invasive Ventilation

- in allen Beatmungsmodi
- mit umfassendem Monitoring
- mit Alarmanpassung
- mit automatischer Leckagekompensation

Bei der Beatmung von Erwachsenen oder Kindern kann die nicht-invasive Beatmung helfen, eine Intubation zu vermeiden.¹⁾ In anderen Fällen ergänzt sie den Prozess der Entwöhnung intubierter Patienten. Die zusätzliche Verfügbarkeit der Maskenbeatmung in der Entwöhnungsphase hilft, Arbeitsabläufe zu verbessern und kann das Risiko einer Intubation potenziell reduzieren.¹⁾

Während der nicht-invasiven Beatmung können nicht relevante Alarmer, die während der invasiven Beatmung notwendig sind, unterdrückt werden. Infolgedessen können auch nicht notwendige Alarmerinstellungen deaktiviert werden. (z. B. MV tief, Vt hoch und Apnoeüberwachung).

Bei der nicht-invasiven Beatmung wird die Leckagekompensation zu einem wichtigen Merkmal. Mit aktivierter Leckagekompensation erhält der Patient immer das festgelegte Volumen Vt (d. h., beim Tidalvolumen werden Leckagen berücksichtigt). Flowtrigger und die Abbruchkriterien werden entsprechend den Leckagen kontinuierlich angepasst. Außerdem



wird für den Fall, dass Leckagen auftreten, der festgelegte Druck beibehalten.

Wenn die Maske abgenommen wurde, erkennt die Anti-Air-Shower-Funktion (wenn in der Systemkonfiguration aktiviert) diese Unterbrechung und reduziert den vom Gerät abgegebenen Gasfluss auf ein Mindestmaß. Dadurch wird das Risiko einer möglichen Kontamination des Pflegepersonals und der Raumluft minimiert.

1) Ferrer M; Am J Respir Crit Care Med Vol 168. pp 1438–1444, 2003

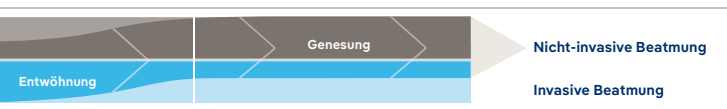




Abb. 2 Beispiel Einstellfenster SPN-CPAP/PS bei aktivierter NIV



Abb. 3 Bildschirmbeispiel PC-AC bei aktivierter NIV

Variable PS

Variable Pressure Support (Noisy ventilation/Variable Druckunterstützung)

- ist eine automatische Variation der Druckunterstützung PS in SPN-CPAP/PS
- ändert den Unterstützungsdruck nach dem Zufallsprinzip innerhalb eines vorgegebenen Variationsbereiches
- unterstützt die physiologische Varianz der Spontanatmung

Die „Variable Druckunterstützung“ erzeugt nach dem Zufallsprinzip Variationen der Druckunterstützung. So wird eine Veränderung des Atemzugvolumens unabhängig von den Spontanatembemühungen des Patienten erreicht, da atemzugsweise unterschiedlich hohe Druckunterstützungsniveaus appliziert werden. Das Grundprinzip für druckunterstützte Spontanatmung bleibt vollständig erhalten und wird nicht modifiziert.

Es wird zunächst eine Druckunterstützung ΔP_{supp} eingestellt. Die Höhe der Variation erfolgt in Prozent der eingestellten Druckunterstützung PS und kann von 0 % bis 100 % reguliert werden. So ergibt sich z. B. bei einer eingestellten Druckunterstützung von 10 mbar und einer Varianz von 50 % eine minimale Druckunterstützung von 5 mbar und eine maximale Druckunterstützung von 15 mbar. Aufgrund der Variation der Druckunterstützung entstehen bei jedem Atemzug unterschiedliche Beatmungsdrücke und damit Atemzugsvolumina. Der maximale Unterstützungsdruck, der durch die Variation erreicht werden kann, wird durch die Einstellung des maximalen Atemwegsdrucks P_{max} begrenzt. Die untere Grenze für die Variation ist durch das eingestellte CPAP-Niveau vorgegeben.

Die Höhe des Beatmungsdruckes ist unabhängig von der Atemanstrengung des Patienten.

Die Variation der Druckunterstützung durch Variable PS kann unabhängig von der Atemanstrengung des Patienten zu einer höheren Variabilität des Atemzugvolumens VT im Verhältnis zu konventioneller druckunterstützter Beatmung führen. Weiterhin kann Variable PS eine verbesserte Oxygenierung und eine Umverteilung des pulmonalen Blutflusses zum Ergebnis haben.¹⁾

1) M. Gama de Abreu et al Noisy pressure support ventilation: A pilot study on a new assisted ventilation mode in experimental lung injury. Crit Care Med 2008 Vol. 36, No.3



Abb. 1 Bildschirm bei SPN-CPAP/PS mit Variabler Druckunterstützung

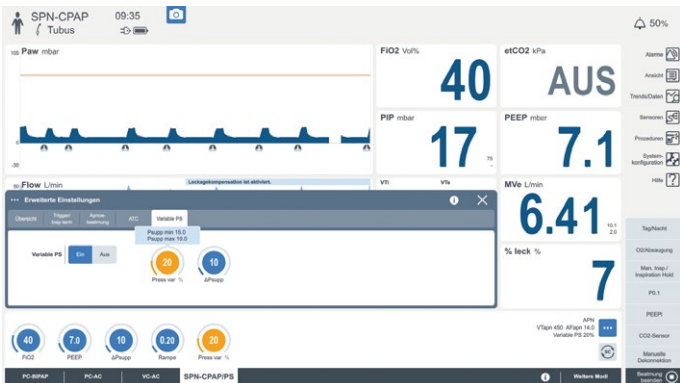


Abb. 2 Einstellfenster für die Variable Druckunterstützung

PEEPi

intrinsic PEEP (intrinsischer PEEP / AutoPEEP)

- ist der tatsächliche endexpiratorische Druck in der Lunge
- addiert sich zu dem am Ventilator eingestellten PEEP dazu

Verschiedene Ursachen können dazu führen, dass nicht das gesamte eingeatmete Volumen wieder ausgeatmet werden kann. Das unphysiologisch in der Lunge verbliebene Volumen führt zu einem intrinsischen PEEP. Zu kurze Expirationszeiten, Obstruktionen oder langsame Lungenkompartimente können mögliche Ursachen dafür sein.

Das Messmanöver misst die Menge des in der Lunge verbliebenen Volumens (Vtrap). Die Intrinsic PEEP-Messung läuft in zwei Messphasen ab. Für die Dauer der Messphase I hält das Beatmungsgerät das Inspirationsventil und das Expirationsventil geschlossen. So kann weder Inspirationsgas in das Beatmungssystem fließen noch Gas aus dem Beatmungssystem entweichen. Im Verlauf dieser Messphase findet ein Druckausgleich zwischen der Lunge und dem Beatmungssystem statt. Das Beatmungsgerät misst diesen Druckverlauf. Atemaktivitäten des Patienten während des Manövers können die Messwerte verfälschen.

Die Messphase I wird beendet:

- wenn der Druckverlauf keine Änderungen mehr zeigt. Der Anfangswert entspricht PEEP, der Wert am Ende der Messphase ist der intrinsische PEEP.

Nach Ablauf der Messphase 1 öffnet das Beatmungsgerät das Expirationsventil und misst in der Messphase 2 den Expirationsflow, der durch den intrinsischen PEEP generiert wird. Die Lunge wird dabei auf PEEP entlastet.

Die Messphase 1 wird beendet:

→ wenn der Expirationsflow auf 0 zurückgegangen ist. Der gemessene Flow entspricht dem durch Intrinsic PEEP in der Lunge gefangenen Volumen V_{trap} .

Effektiver PEEP (PEEP_{total}) = PEEP (PEEP eingestellt) + intrinsic PEEP

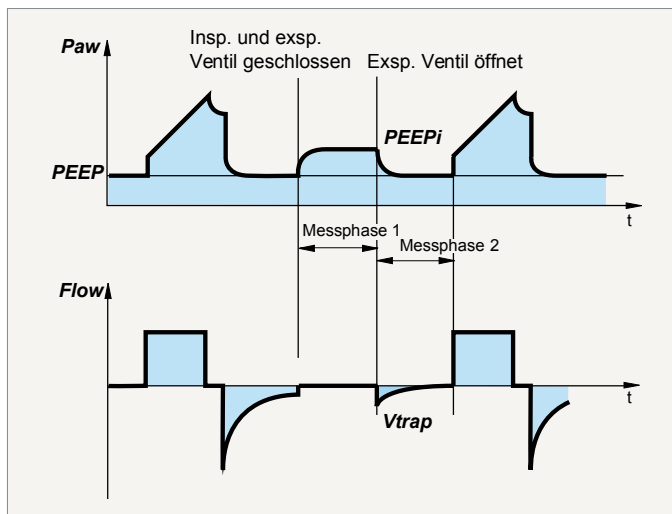


Abb. 1 Funktionsprinzip der intrinsischen PEEP-Messung

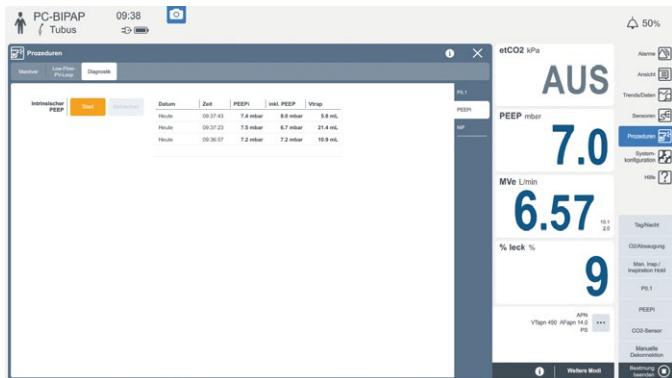


Abb. 2 Bildschirmbeispiel der intrinsic PEEP-Messung

Low-Flow-Manöver

- kann einen quasistatischen PV-Loop in- und expiratorisch aufzeichnen
- kann Hinweise für die PEEP und P_{insp}-Einstellung geben

Durch langsames Füllen der Lunge mit einem geringen, konstanten Flow (in der Regel 4-10 l/min¹⁾) werden nur die elastischen Eigenschaften des PV-Loops ermittelt. Dieses quasi statische Verfahren zeigt eine gute Korrelation mit der statischen Super-Syringe Methode, solange der Flow gering ist. Der Loop kann nur inspiratorisch oder in- und expiratorisch aufgezeichnet werden. Zwei Cursor können über den PV-Loop bewegt werden, um auf dem inspiratorischen Schenkel den unteren Inflektionspunkt (LIP) oder oberen Inflektionspunkt (UIP) und auf dem expiratorischen Schenkel den kritischen Verschlussdruck (CCP) oder den maximalen Kurvationspunkt (PMC) zu bestimmen. Außerdem kann damit die statische Compliance berechnet werden.

Der Anwender kann den Gasfluss, den maximal applizierten Druck und das maximal applizierte Volumen (V_{ti}) für das Manöver vorgeben. Ebenfalls kann vom Anwender ein Startdruck, der normalerweise deutlich unter dem eingestellten PEEP liegen sollte, eingestellt werden.

Valide Daten werden nur bei nicht vorhandener Spontanatmung des Patienten erreicht.

¹⁾ Blanc Q, Sab JM, Philit F, Langevin B, Thouret JM, Noel P, Robert D, Guérin C. Inspiratory pressure-volume curves obtained using automated low constant flow inflation and automated occlusion methods in ARDS patients with a new device. Intensive Care Med. 2002 Jul;28(7):990-4. Epub 2002 Jun 12.

Beatmung in der Intensivmedizin für Erwachsene

Volumenkontrollierte Beatmungsmodi

Frühere Nomenklatur	IPPV/ CMV	IPPV _{assist} / CMV _{assist}	SIMV	MMV
Neue Nomenklatur	VC-CMV	VC-AC	VC-SIMV	VC-MMV

Druckkontrollierte Beatmungsmodi

Frühere Nomenklatur	BIPAP _{assist} / PVC ₊ _{assist}		BIPAP/ PVC ₊	APRV		
Neue Nomenklatur	PC-CMV	PC-AC	PC-SIMV	PC-BIPAP	PC-APRV	PC-PSV

Unterstützte Spontanatemmodi

Frühere Nomenklatur	CPAP/ASB/CPAP/PS	PPS	
Neue Nomenklatur	SPN-CPAP/PS	SPN-CPAP/VS	SPN-PPS

Beatmung in der Intensivmedizin für Neonaten

Druckkontrollierte Beatmungsmodi

Frühere Nomenklatur	IPPV	SIPPV	SIMV	PSV	CPAP-HF		
Neue Nomenklatur	PC-CMV	PC-AC	PC-SIMV	PC-APRV	PC-PSV	PC-HFO	PC-MMV

Unterstützte Spontanatemmodi

Frühere Nomenklatur	CPAP			
Neue Nomenklatur	SPN-CPAP/PS	SPN-CPAP/VS	SPN-PPS	SPN-CPAP

Beatmung in der Anästhesie

Volumenkontrollierte Beatmungsmodi

Frühere

Nomenklatur IPPV

SIMV

Neue

Nomenklatur Volume Control - CMV

Volume Control - SIMV

Druckkontrollierte Beatmungsmodi

Frühere

Nomenklatur PCV

Neue

Nomenklatur Pressure Control - CMV

Pressure Control - BIPAP

Unterstützte Spontanatemmodi

Frühere

Nomenklatur _____

Man. Spont.

Neue

Nomenklatur Pressure Support - CPAP

Man./Spon

Weiterführende Informationen (z. B. Produkttrainer, Booklets und Fallbeispiele) finden Sie unter www.draeger.com/wissensportal





Unternehmenszentrale

Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53-55
23558 Lübeck, Deutschland
www.draeger.com

Hersteller

Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53-55
23542 Lübeck, Deutschland



Sie finden Ihren regionalen
Vertriebspartner unter:
www.draeger.com/contact

Deutschland

Dräger Medical
Deutschland GmbH
Moislinger Allee 53-55
23558 Lübeck
☎ 0800 882 882 0
☎ 0451 882 720 02
✉ dsc@draeger.com

Österreich

Dräger Austria GmbH
Perfektastraße 67
1230 Wien
☎ +43 1 609 04 0
☎ +43 1 699 45 97
✉ office.austria@draeger.com

Schweiz

Dräger Schweiz AG
Waldeggstrasse 30
3097 Liebfeld
☎ +41 58 748 74 74
☎ +41 58 748 74 01
✉ info.ch@draeger.com