

# Volumenkontrollierte versus druckkontrollierte Beatmung - ein Vergleich

Bereits Mitte des letzten Jahrhunderts waren Respiratoren im Einsatz, die volumenkontrollierte Beatmung in der bekannten Form applizierten. In den 1980er Jahren wurde durch Benzer und Baum eine druckkontrollierte Beatmungsform entwickelt, bei der sich zwei unterschiedlich hohe Atemwegsdruckniveaus abwechseln und Spontanatmung jederzeit möglich ist. <sup>1</sup> Diese Beatmungsform hat sich zwischenzeitlich unter der geschützten Bezeichnung „BIPAP“ (biphasic positiv airway pressure) bzw. unter der Bezeichnung „BiLevel“ etabliert. Im Gegensatz zu der volumenkontrollierten Beatmung wird bei BiLevel kein Tidalvolumen eingestellt, sondern dieses ergibt sich aus dem Druckunterschied der zwei eingestellten Druckniveaus.

## 1. Volumenkontrollierte Beatmung

Durch Einstellung von Tidalvolumen, Inspirationsflow, Atemfrequenz und Atemzeitverhältnis (I:E) legt der Anwender die zeitlichen Verhältnisse des Atemzyklus und damit die Ansteuerung des In- und Expirationsventils fest. Dabei bestehen folgende Zusammenhänge:

Atemfrequenz	Gesamtdauer des Atemzyklus, dadurch Festlegung des Beginns der nächsten Inspiration → Öffnen des Inspirationsventils bei gleichzeitigem Schließen des Expirationsventils
Atemzeitverhältnis (I:E)	Verhältnis zwischen der Inspirationszeit und der Expirationszeit, dadurch Festlegung des Beginns der Expiration → Öffnen des Expirationsventils bei gleichzeitigem Schließen des Inspirationsventils
Inspirationsflow / Tidalvolumen	Die Gasflussgeschwindigkeit (Inspirationsflow) beeinflusst zusammen mit dem Tidalvolumen den Zeitbedarf für das eingestellte Tidalvolumen innerhalb der vorgegebenen Inspirationszeit → nach Applikation des Tidalvolumens endet die „Flowphase“ durch Verschluss beider Ventile und die „Noflow-Phase“ wird bis zum zeitlichen Ende der vorgegebenen Inspirationszeit beibehalten

Somit nimmt der Anwender bei der volumenkontrollierten Beatmung unmittelbar auf die Steuerung der In- und Expirationsventile Einfluss. Losgelöst von den Patientenaktivitäten bestimmt die Ansteuerung der In- und Expirationsventile den zeitlichen Ablauf der Beatmung. Sie gibt gleichzeitig vor, wann der mandatorische Beatmungsanteil durchgeführt wird und zu welcher Zeit eine Spontanatmung zugelassen wird. Die Möglichkeit einer Spontanatmung begrenzt sich auf die Expirationszeit, da nur hier das Inspirationsventil geschlossen und das Expirationsventil geöffnet ist.

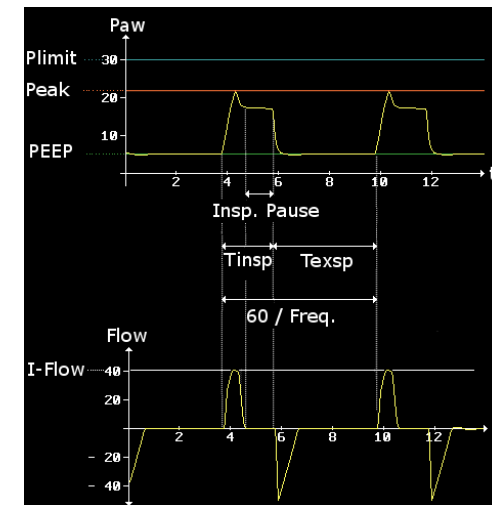


Abbildung 1: zeitliche Vorgaben bei der volumenkontrollierten Beatmung

Mit der Einstellung des Inspirationsflows gibt der Anwender ebenfalls vor, in welcher Geschwindigkeit das eingestellte Tidalvolumen appliziert werden soll. Hierdurch wird nicht nur das Verhältnis der Flow- und Noflowphase innerhalb der Inspiration festgelegt, sondern gleichzeitig wird die Höhe des Beatmungsdrucks während der Applikation des Tidalvolumens beeinflusst. Je höher der gewählte Inspirationsflow, desto höher der sichtbare Beatmungsspitzenwert (Peak). In der Konsequenz wählt der Anwender das gewünschte Tidalvolumen, muss aber zur Vermeidung von druckinduzierten Beatmungskomplikationen die Beatmungsdrücke überwachen.

# Volumenkontrollierte versus druckkontrollierte Beatmung - ein Vergleich

## 2. Druckkontrollierte Beatmung

Bei der druckkontrollierten Beatmung BiLevel stellt der Anwender zwei unterschiedliche Druckniveaus ein. Diese werden jedoch nicht durch geöffnete bzw. geschlossene Ventile umgesetzt, sondern durch eine Demand-Flow-Technik realisiert, so dass der Patient jederzeit spontan mitatmen kann. Dabei bestehen folgende Zusammenhänge:

Atemfrequenz	Gesamtdauer des Atemzyklus, dadurch Festlegung des Beginns des nächsten Atemzyklus durch Wechsel auf oberes Druckniveau
Atemzeitverhältnis (I:E)	Verhältnis zwischen mandatorischer Inspirationszeit und mandatorischer Expirationszeit → zeitliches Verhältnis der eingestellten Druckniveaus bzw. der Wechsel zwischen den Druckniveaus
P <sub>insp</sub>	Oberes Druckniveau aufbauend auf den eingestellten PEEP → Inspiration
PEEP	Unteres Druckniveau → Expiration

Im Gegensatz zur volumenkontrollierten Beatmung ermöglicht der Einsatz der Demand-Flow-Technik unter BiLevel bei jeder Patientenaktivität eine Spontanatmung. Dies gilt sowohl für das PEEP-Niveau, als auch für das obere Druckniveau.

Man spricht von einem „offenen System“.

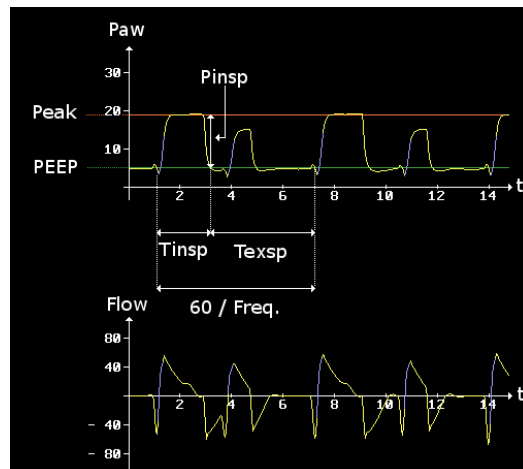


Abbildung 2: zeitliche Vorgaben bei der druckkontrollierten Beatmung

Der notwendige Inspirationsflow wird beim Wechsel auf das obere Druckniveau und bei spontaner Atmung durch den Respirator automatisch in Abhängigkeit von der pulmonalen Situation gesteuert. In der Konsequenz legt der Anwender das gewünschte obere Druckniveau und damit den Beatmungsspitzenwert fest, muss aber zur Vermeidung von zu geringen bzw. zu hohen Tidalvolumina das applizierte Tidalvolumen überwachen. Neben der Möglichkeit der patientenseitigen Spontanatmung in jeder Phase des Beatmungszyklus, ergeben sich bei BiLevel, im Vergleich zu der volumenkontrollierten Beatmung, bei gleichen Tidalvolumina deutlich geringere Spitzenwerte.

## 3. Auswirkungen der Drucksituation innerhalb der inspiratorischen Beatmungsanteile

Parallel zu der Höhe der inspiratorischen Beatmungsdrücke entsteht eine intrathorakale Druckerhöhung, welche den venösen Rückfluss zum Herzen negativ beeinflusst. Verstärkt durch eine bestehende Hypovolämie reduziert sich die links- und rechtsventrikuläre Füllung und in Folge das Herzzeitvolumen und die Sauerstofftransportkapazität<sup>2</sup>. Die geringere Drucksituation unter BiLevel reduziert den Umfang dieser kardiovaskulären Auswirkungen. Gleichzeitig vermindert die erhaltene Spontanatmung periodisch den intrathorakalen Druck und fördert damit den venösen Rückfluss zum Herzen.<sup>3,4</sup>

# Volumenkontrollierte versus druckkontrollierte Beatmung - ein Vergleich

## 4. Stellenwert der Spontanatmung

Die Erhaltung der Spontanatmung beeinflusst die Verteilung der Ventilation<sup>5</sup> und reduziert minderbelüftete bzw. atelektatische Areale in den dorsalen Lungenregionen<sup>6,7,8</sup>. Jedoch ist die Erhaltung der Spontanatmung unter der volumenkontrollierten Beatmung aufgrund von geschlossenen Ventilen vielfach nicht möglich, bzw. muss medikamentös unterbunden werden, um den Patienten an die Beatmung adaptieren zu können. Im Gegensatz zur volumenkontrollierten Beatmung, bei der die Spontanatmung in Abhängigkeit der Ventilstellung nur zu bestimmten Zeiten innerhalb des Atemzyklus möglich ist, kann unter BiLevel der Patient zu jedem Zeitpunkt spontan atmen. Ein „Pressen“ gegen das Beatmungsgerät ist somit nicht möglich. Hierdurch ist der Bedarf an Analgetika und Sedativa unter erhaltener Spontanatmung bei BiLevel deutlich geringer<sup>9</sup>. Dieses konnte nicht nur bei kardiochirurgischen Patienten, sondern auch bei polytraumatisierten Patienten belegt werden<sup>10</sup>. Ein wesentlicher Anteil der Sedierung scheint ausschließlich notwendig zu sein, um den Patienten an die kontrollierte Beatmung adaptieren zu können. Entsprechend kann unter dem Einsatz von BiLevel im Zuge des Weanings die Sedierungstiefe reduziert und damit der Weaningprozess verkürzt werden.

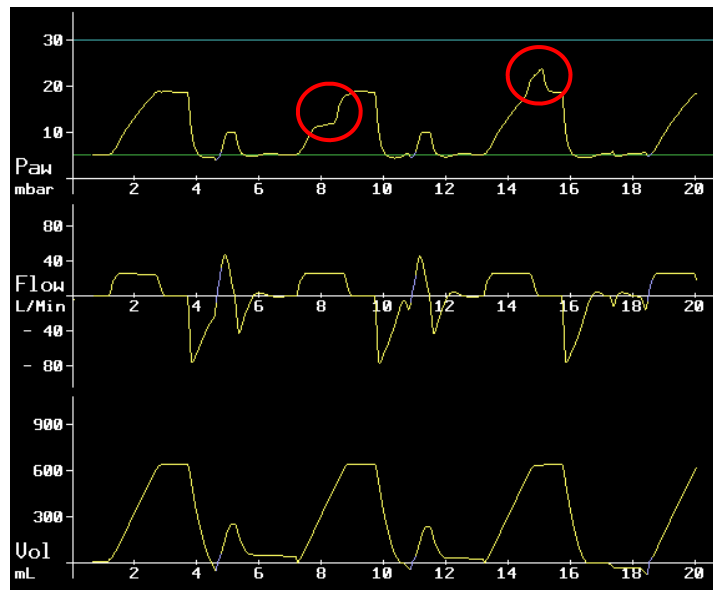


Abbildung 3: Spontanatmung unter SIMV  
Patient atmet gegen geschlossene Ventile und kann Spontanatmung nur in der Exspirationsphase einsetzen

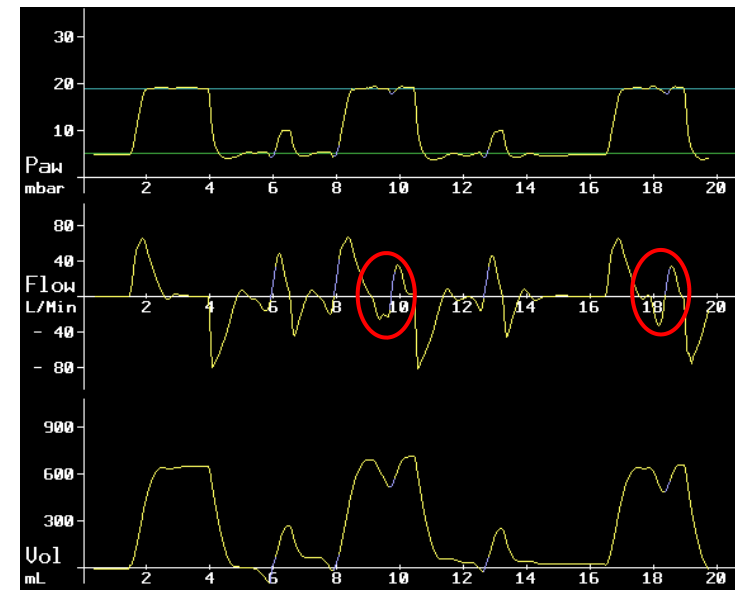


Abbildung 4: Spontanatmung unter BiLevel  
Durch die Demandflowtechnik kann der Patient jederzeit spontan atmen

# Volumenkontrollierte versus druckkontrollierte Beatmung - ein Vergleich

## 5. BiLevel im Weaningprozess

Unter BiLevel ist eine vollständige Entkoppelung der Spontanatmung von der kontrollierten Beatmung möglich. Hier bei stellt die mandatorische Beatmung das Oxygenieren und das Eliminieren von CO<sub>2</sub> sicher.

Um zusätzliche Atemarbeit zu vermeiden und damit den Weaningprozess zu beschleunigen<sup>11</sup> kann zusätzlich auf dem unteren Druckniveau, durch Einstellen der Druckunterstützung (PSV) die Atemarbeit optimiert werden. Zusätzlich kann man die tubusbedingte Atemarbeit, durch Aktivieren der Tubuskompensation, reduzieren. Gleichzeitig sprechen die Verbesserung des Perfusions- Ventilationsverhältnisses, der geringere Analgosedierungsbedarf und die reduzierten kardiovaskulären Nebenwirkung deutlich für den Einsatz von druckkontrollierten Beatmungsformen mit der Möglichkeit der jederzeitigen patientenseitigen Spontanatmung von der Intubation bis zur Entwöhnung vom Respirator. Durch die geringeren kardiovaskulären Effekte der Beatmungstherapie und das bessere Perfusions-Ventilations-Verhältnis reduziert sich die Wahrscheinlichkeit einer erhöhten Atemarbeit durch atelektatische Bereiche, bzw. ist der Gasaustausch gewährleistet. Die hohe Patientenakzeptanz und der geringere Analgosedierungsbedarf unterstützen eine effektive Entwöhnung vom Respirator und verkürzen den Weaningprozess. Somit zeigen sich gerade im Weaning die Vorzüge der druckkontrollierten Beatmung mittels BiLevel.

Lesen Sie auch:

**„Beatmungsstrategien mit BiLevel und dynamischem BiLevel – Ein Vergleich“**

## Literatur

- 1 Fitzgerald J.: Begriffe klären. Medizintechnik aktuell 1998;2: S.12
- 2 Becker H, Jerrentrup A.: Beatmungstherapie bei akuter respiratorischer Insuffizienz – gegenwärtiger Stand. Internist 2001;3; 342 -348
- 3 Putensen C, Mutz NJ, Putensen-Himmer G, Zinserling J: Spontaneous breathing during ventilatory support improves ventilation- perfusion distributions in patients with acute respiratory distress syndrome. Am J Respir Crit Care Med 1999; 159: 1241 ±1248
- 4 Sydow M: Inverse ratio ventilation and airway pressure release ventilation. Current Opinions in Anesthesiology 1996; 9: 523±528
- 5 Froese AB: Effects of anesthesia and paralysis on diaphragmatic mechanics in man. Anesthesiology 1974; 41: 242±255
- 6 Reber A, Nylund U, Hedenstierna G: Position and shape of the diaphragm: implications for atelectasis formation. Anaesthesia 1998; 53: 1054 ±1061
- 7 Rehder K, Knopp TJ, Sessler AD, Didier EP: Ventilation-perfusion-relationship in young healthy awake and anesthetized-paralyzed man. J Appl Physiol 1979; 47: 745 ±753
- 8 Tokics L, Hedenstierna G, Svensson L, Brismar B, Cederlund T, Lundquist H: V/Q distribution and correlation to atelectasis in anesthetized paralyzed humans. J Appl Physiol 1996; 81: 1822±1833
- 9 Rathgeber J, Schorn B, Falk V, Kazmaier S, Spiegel T: The influence of controlled mandatory ventilation (CMV), intermittent mandatory ventilation (IMV) and biphasic intermittent positive airway pressure (BIPAP) on duration of intubation and consumption of analgesics and sedatives. A prospective analysis in 596 patients following adult cardiac surgery. Eur J Anaesthesiol 1997; 14: 576±582
- 10 Rehder K, Knopp TJ, Sessler AD, Didier EP: Ventilation-perfusion-relationship in young healthy awake and anesthetized-paralyzed man. J Appl Physiol 1979; 47: 745 ±753
- 11 Cook D, Meade M, Guyatt G et al.: Evidence report on criteria for weaning from mechanical ventilation, Agency for Health Care Policy and Research 1999