D-287-2010

Beatmungsmodi in der Intensivmedizin

Karin Deden

Dräger. Technik für das Leben®

Wichtiger Hinweis

Diese Broschüre ersetzt keine Gebrauchsanweisung. Vor dem Gebrauch eines Beatmungsgerätes sollte immer die zugehörige Gebrauchsanweisung gelesen und verstanden werden.

Beatmungsmodi in der Intensivmedizin

Karin Deden

Herausgeber
Dräger Medical GmbH
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck

www.draeger.com

INHALT

Wichtiger Hinweis	**02**
Vorwort	**06**
Einleitung	**09**
Maschinelle Beatmung	**11**
Volumenkontrollierte Ventilation	**18**
AutoFlow	20
VC-CMV	22
VC-AC	24
VC-SIMV	26
VC-MMV	28
Druckkontrollierte Ventilation	**30**
Volumengarantie	32
PC-CMV	34
PC-AC	36
PC-SIMV	38
PC-BIPAP	40
PC-APRV	42
PC-PSV	44
Unterstützte Spontanatmung	**46**
SPN-CPAP/PS	48
Variable PS	50
SPN-CPAP/VS	52
SPN-PPS	54
Spezifische Beatmungsmodi in der Neonatologie	**56**
SPN-CPAP	58
PC-HFO	60
PC-MMV	62
Erweiterte Beatmungseinstellungen	**64**
Nomenklatur-Vergleich	**66**
Glossar	**68**
Referenzen	**70**

Vorwort

AUF DEM WEG ZU EINER SYSTEMATIK FÜR DIE BEATMUNG

Steven McPherson schrieb 1977 das erste gefragte Buch über Beatmungsgeräte in den USA. Auf 65 Prozent der Seiten wurde die Beatmung behandelt, jedoch wurden nur 3 Beatmungsmodi ausführlich erklärt: „kontrollierte", „assistierte" und „Spontanatmung". Tatsächlich fanden in diesem Buch bestimmte Modi in den Spezifikationstabellen der Beatmunggeräte keine Erwähnung. Vielmehr konzentrierte sich das Buch neben speziellen Antriebsmechanismen und Einstellungen darauf, wie Einstellungen in identifizierbare Betriebsmodi zusammengefasst werden könnten. Die Beschreibung eines Beatmungsgerätes im Buch war zum Beispiel so etwas wie ein „... elektrisch angetriebener, Drehkolben-, Zweikreis-, zeitgetakteter, zeit- und volumenbegrenzter Regler ...". Dabei ist zu bedenken, dass das Konzept von „IMV" (Intermittent Mandatory Ventilation) nur vier Jahre zuvor erfunden wurde.

Die siebte Ausgabe von McPhersons Beatmungsgerätebuch wurde 2004 herausgegeben. Interessanterweise sind immer noch ungefähr zwei Drittel des Buches dem Thema Beatmung gewidmet. In dieser Ausgabe werden auf 19 Seiten ausschließlich 22 Beatmungsmodi beschrieben. Auf den folgenden Seiten, auf denen bestimmte Beatmungsgeräte beschrieben werden, werden jedoch 93 unterschiedliche Beatmungsmodi erwähnt. Allerdings sind es keine 93 unterschiedlichen Modi. Es werden in vielen Fällen verschiedene Namen für identische Modi verwendet (z. B. entspricht die Pressure-Control Ventilation Plus Adaptive Pressure Ventilation am Hamilton Galileo der Pressure Regulated Volume Control am Siemens Servo 300) und in einigen wenigen Fällen wird derselbe Name für verschiedene Modi benutzt (Assist/Control am Puritan Bennett 840 ist eine Art der volumenkontrollierten Beatmung während Assist/Control am Bear Cub Beatmungsgerät für Kleinkinder eine Form der druckkontrollierten Beatmung ist).

Wie in vielen anderen Bereichen ist die technologische Komplexität in der Beatmung beachtlich gestiegen. Heute können moderne Beatmungsgeräte über zwei Dutzend Modi verfügen, bei einigen kommt sogar computergestützte künstliche Intelligenz zum Einsatz. Im Zeitraum einer menschlichen Generation haben sich Beatmungsgeräte ungefähr 5 Generationen weiterentwickelt. Was sich nicht entwickelt hat, ist ein standardisiertes System, das diese technologische Komplexität hinlänglich beschreibt. Daraus entstehen vier Hauptprobleme: (1) veröffentlichte Studien über Beatmung sind schwer zu vergleichen und daher können sachgemäße Aussagen schwer zusammengestellt und beschrieben werden; (2) es gibt wenig Konsistenz unter den medizinischen Ausbildungsprogrammen bezüglich Nomenklatur und Beschreibungen, wie Beatmungsgeräte funktionieren; (3) Klinikpersonal, das in Kliniken arbeitet, in denen Beatmungsgeräte verschiedener Hersteller eingesetzt werden (was sehr gängig ist), haben nicht die Zeit oder Ausbildungsmittel für angemessene Schulungen und Übungen mit allen Modi an allen Beatmungsgeräten, was eine optimale Patientenbetreuung unmöglich macht; und (4) Hersteller können sich mit künftigen Kunden nicht länger einfach über die genaue Bedienung ihrer Produkte unterhalten, wodurch die Effektivität von Vertrieb und Schulung begrenzt wird, was wiederum die anderen Probleme verstärkt.

Bisher wurde weder unter den Herstellern noch unter den Berufsverbänden ein offizieller Konsens bezüglich einer Systematik der Beatmung gefunden. Aber es wurden bereits Anstrengungen unternommen: Das Komitee TC 121 (Anaesthetic and Respiratory Equipment) der Internationalen Organisation für Normung hat ein Unterkomitee (SC3 Lung Ventilators and Related Equipment), das an einem standardisierten Vokabular arbeitet. „Integrating the Healthcare Enterprise“ (IHE) ist eine Initiative von Experten und Unternehmen aus dem Gesundheitswesen zur Verbesserung des Informationsaustausches zwischen Computersystemen im Gesundheitswesen. Die IHE-Domäne „Patient Care Device“ arbeitet basierend auf einem RTM-Profil (Rosetta Terminology Mapping), das anbieterspezifische Terminologie mit standardisierter Terminologie (basierend auf ISO/IEEE 11073-10101) verbindet,

vorrangig für Sofort-Hilfe-Geräte wie Beatmungsgeräte. Ihr Ziel ist die Gerätesemantik einheitlich wiederzugeben, besonders wenn diese von einem Portal zu Gesundheitswesen-Anwendungen kommuniziert werden. Die zunehmende Verwendung von elektronischen Krankenakten in Krankenhäusern auf der ganzen Welt macht die Bemühungen dieser Organisationen unentbehrlich. Zwischen so vielen unterschiedlichen Interessenvertretern einen Konsens zu finden, ist ein langer und schwieriger Prozess. Mit der Erstellung einer gemeinsamen Nomenklatur für alle Patientengruppen in der Intensivmedizin, der Anästhesie und im Monitoring trägt Dräger einen wichtigen Teil zu diesen Bemühungen bei. Dräger erkennt die Notwendigkeit von praxisnaher Klarheit in den Beschreibungen von Modi. Wie in anderen Unternehmen sind Drägers fortschrittliche Produktdesigns Fluch und Segen zugleich: Sie bieten modernste Lebenserhaltungstechnologie, sind aber gleichzeitig verwirrend komplex, so dass eine Verbreitung dieser Technologie behindert wird. Der Zweck dieser Broschüre ist es, die für Dräger-Beatmungsgeräte verfügbaren Modi auf systematische und informative Art zu beschreiben. Obwohl dies vielleicht nicht als universelle Systematik der Modi dient, hoffen wir doch, dass es das Verständnis der vielen für Dräger-Geräte verfügbaren Beatmungsmodi und damit letztlich auch die Patientenversorgung verbessert.

Robert L. Chatburn, BS, RRT-NPS, FAARC
Clinical Research Manager
Respiratory Institute
Cleveland Clinic
Adjunct Associate Professor
Department of Medicine
Lerner College of Medicine of Case Western Reserve University
Cleveland, Ohio, USA

Einleitung

Verfolgt man den Weg eines Patienten vom Notfallort bis zu seiner Entlassung aus dem Krankenhaus fällt auf, dass maschinelle Beatmung in vielen Bereichen der Patientenversorgung notwendig ist und eingesetzt wird. Schon am Notfallort und auf dem Transport wird mit Hilfe eines Notfallbeatmungsgerätes beatmet. Im Krankenhaus während der Operation übernimmt ein Anästhesiegerät die Beatmung. Während der kritischen Zeit auf der Intensivstation stehen wiederum Intensivbeatmungsgeräte zur Verfügung. Auch während der Weiterbehandlung auf Intermediate Care Stationen gibt es Patienten die maschinelle Atemunterstützung benötigen. Maschinelle Beatmung wird in vielen Klinikbereichen benötigt. Bei neonatologischen Patienten beginnt die maschinelle Beatmung mit einem Beatmungsgerät oder mit dem Handbeatmungsbeutel bereits kurz nach der Geburt in der Regel im Kreissaal oder im Operationssaal. Nach einem kurzen Transport zur Neonatal Intensivstation werden die kleinen Patienten solange maschinell beatmet bis ihr Zustand stabil ist. In den unterschiedlichen Bereichen mit ihren zugehörigen Patientengruppen sind durch die individuellen Bedürfnisse und Anforderungen verschiedene Beatmungsmodi entwickelt worden. Die unterschiedlichen Bezeichnungen für vom Prinzip gleiche Modi verursachen Verwirrung und bedeuten hohe Anforderungen für die Anwender. Nicht nur in den unterschiedlichen Einsatzgebieten existieren verschiedene Bezeichnungen für Beatmungsmodi. Auch in der internationalen Literatur werden unterschiedliche Namen für ein und dieselbe Beatmungsform verwendet. So wird zum Beispiel in der Literatur häufig von CMV/AC gesprochen, während bei der Erwachsenenbeatmung bei Drägergeräten die Bezeichnung IPPV/IPPV$_{assist}$ verwendet wird. Dräger hat erkannt wie schwierig die aktuelle Situation für den Anwender ist und hat aus diesem Grund eine einheitliche Nomenklatur für Beatmungsmodi von der Notfallversorgung über die Anästhesie, die Intensivstation bis hin zum Monitoring/IT entwickelt.

Diese Broschüre soll dazu dienen die Umstellung zwischen alter und neuer Nomenklatur zu erleichtern. Aus diesem Grund werden die Eigenschaften und Steuerprinzipien der einzelnen Beatmungsmodi kurz skizziert. Bei der Beschreibung der Beatmungsmodi liegt der Fokus auf der Intensivbeatmung für Erwachsene, pädiatrische Patienten und Neonaten. Zum genauen Vergleichen der Bezeichnungen findet sich am Ende dieser Broschüre eine Gegenüberstellung der Beatmungsmodi in früherer und neuer Nomenklatur. Die Gegenüberstellung der Bezeichnungen erfolgt für die Intensivbeatmung bei Erwachsenen und Neonaten sowie für die Anästhesie.

Maschinelle Beatmung

Mit einem Beatmungsgerät können Patienten auf viele verschiedene Arten und Weisen beatmet werden. Es wird zwischen Mandatorischen- und Spontanatemverfahren unterschieden. Bei den mandatorischen Beatmungsverfahren übernimmt die Maschine vollständig oder teilweise die Atemarbeit. Bei den Spontanatemverfahren ist es dem Patienten entweder möglich auf PEEP-Niveau komplett alleine zu atmen oder sich von der Maschine unterstützen zu lassen.

Die Beatmungsmodi bei Drägergeräten lassen sich in drei Beatmungsgruppen unterteilen: Volumenkontrollierte Modi, Druckkontrollierte Modi und Modi für die Spontanatmung.

Mandatorische Beatmungsverfahren	**Spontanatemverfahren**
Volumenkontrollierte Modi	Unterstützte Spontanatemmodi
Druckkontrollierte Modi	

Um kenntlich zu machen zu welcher Gruppe ein Beatmungsmodus gehört sind den Modi Präfixe vorangestellt.
– VC- für Volume-Control (volumenkontrolliert)
– PC- für Pressure-Control (druckkontrolliert)
– SPN- für Spontaneous (spontan)

An die Präfixe schließen sich Namensteile an, die den Beatmungsmodus und dessen Cyclingpattern und damit die Funktionsweise näher erklären. Damit ergeben sich folgende Beatmungsmodi, die in dieser Broschüre näher beschrieben werden:

Volumenkontrolliert	Druckkontrolliert	Spontan/assistiert
VC-CMV	PC-CMV	SPN-CPAP/PS
VC-AC	PC-AC	SPN-CPAP/VS
VC-SIMV	PC-SIMV	SPN-PPS
VC-MMV	PC-BIPAP	SPN-CPAP
	PC-APRV	
	PC-PSV	
	PC-HFO	
	PC-MMV	

Bei einigen Beatmungsmodi gibt es erweiterte Einstellungen wie AutoFlow® (AF), Volumengarantie (VG) oder PS (Pressure Support). Diese erweiterten Einstellungen werden im Laufe dieser Broschüre näher erläutert.

Um die Besonderheiten der Modi verstehen zu können ist es wichtig, die verschiedenen Kontroll- und Steuergrößen zu kennen.

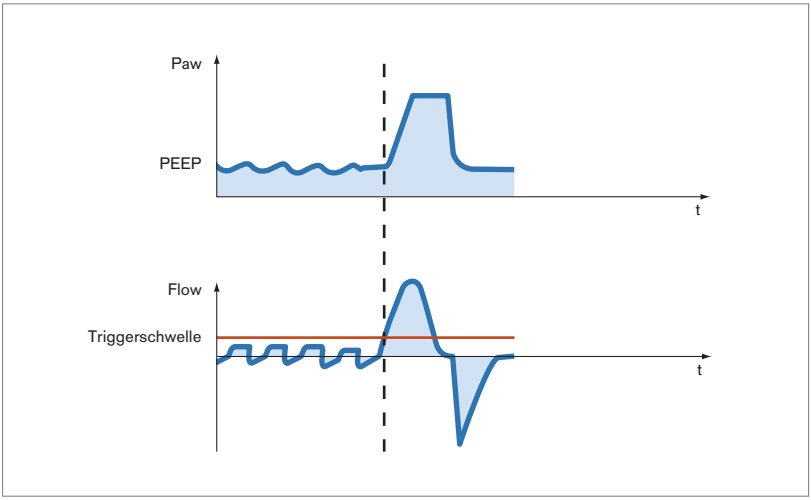
FORMEN DER MANDATORISCHEN HÜBE

Die Kontrollvariable also die vom Gerät primär beeinflusste oder kontrollierte Größe ist über das Präfix VC bzw. PC kenntlich gemacht. Auf die Kontrollvariablen wird in den Abschnitten zur Volumen- und Druckkontrollierten Beatmung genauer eingegangen.

Bei der Steuerung der mandatorischen Beatmung wird zwischen Steuerung des Beginns der Inspiration und Steuerung des Beginns der Exspiration unterschieden.

STEUERGRÖSSE – INSPIRATIONSBEGINN

Die Inspiration kann durch den Patienten oder durch die Maschine initiiert werden. Es wird dabei von patientengetriggerten bzw. maschinengetriggerten Hüben gesprochen.



D-1-2010

Abb. 1: Triggerschwelle

PATIENTENGETRIGGERT

Bei patientengetriggerten Hüben atmet der Patient eigenständig ein. Das Gerät erkennt diesen Einatemversuch und löst die Inspiration aus. Bei vielen Beatmungsgeräten wird zur Erkennung der Inspiration ein Flowtrigger benutzt. Die Empfindlichkeit des Triggers, die sogenannte Triggerschwelle, ab der ein Beatmungshub appliziert wird, kann patientenspezifisch eingestellt werden (Abb. 1). In vielen Beatmungsmodi sind Triggerfenster eingerichtet. Ausschließlich in diesen Bereichen werden Einatemanstrengungen des Patienten erkannt die dann mandatorische Hübe auslösen. Damit wird sichergestellt, dass die eingestellte Beatmungsfrequenz der mandatorischen Hübe konstant bleibt.

MASCHINENGETRIGGERT

Die maschinengetriggerten Hübe werden ohne Patientenaktivität ausgelöst. Sie sind stets zeitgesteuert. Somit hat der Patient keinen Einfluss auf den

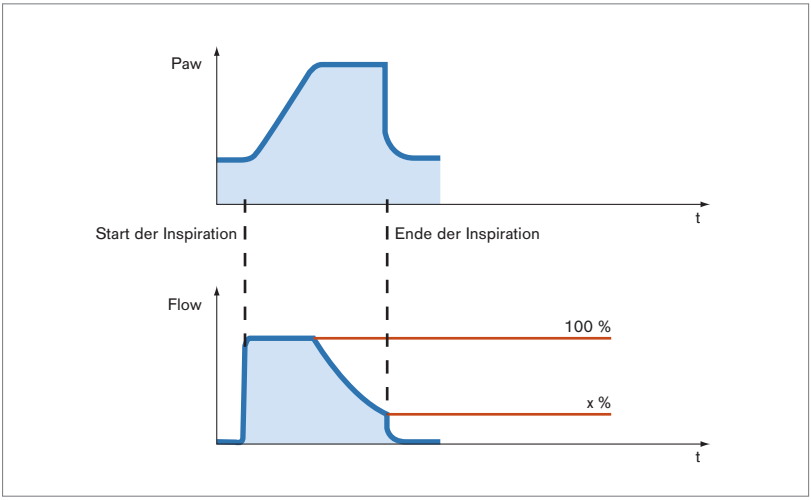


Abb. 2: Abbruchkriterium (Spitzeninspirationsflow)

Zeitpunkt der Inspiration. Der Beginn der Inspiration hängt ausschließlich von den eingestellten zeitlichen Parametern wie z.B. der Frequenz f, des I:E Verhältnisses (Inspiration-Exspiration) oder der Inspirationszeit Ti ab.

STEUERGRÖSSE- EXSPIRATIONSBEGINN

Die Exspiration kann entweder flow- oder zeitgesteuert eingeleitet werden.

FLOWGESTEUERT

Bei einer Flowsteuerung ist der Beginn der Exspiration von der Atmung sowie der Lungenmechanik des Patienten abhängig. Die Inspirationsphase wird beendet, sobald der Inspirationsflow einen festgelegten Anteil des maximalen Inspirationsflows erreicht hat. Der Patient hat also direkten Einfluss auf den Zeitpunkt der Exspiration (Abb. 2).

ZEITGESTEUERT

Ist der Beginn der Exspiration zeitgesteuert, bestimmt einzig die eingestellte Inspirationszeit Ti den Anfangszeitpunkt der Exspiration. Der Patient hat keinen bzw. in einigen Modi nur geringen Einfluss auf die Dauer der Inspirationsphase.

Steuerprinzipien

Start der Inspiration	Start der Exspiration
Patientengetriggert	Flowgesteuert
Maschinengetriggert	Zeitgesteuert

WELCHER BEATMUNGSMODUS ZU WELCHEM THERAPIESTADIUM?

Im Laufe der Beatmungstherapie durchläuft ein Patient verschiedene Stadien, die durch unterschiedliche Unterstützungsbedürfnisse gekennzeichnet sind (Abb. 3).

Zu Beginn sind die Patienten häufig tief sediert. Der Atemantrieb geht verloren und sie sind auf kontrollierte Beatmung angewiesen.

Wird die Sedierung im weiteren Verlauf verringert ist möglicherweise der Atemantrieb eingeschränkt wenn auch instabil vorhanden. Es ist jedoch möglich, dass der Atemantrieb zu geschwächt ist, um die vollständige Atemarbeit allein bewältigen zu können. Eine Mischventilation ist notwendig, bei der Spontanatmung möglich ist, jedoch die Atemarbeit zwischen Patient und Maschine geteilt wird.

Hat der Patient einen eigenen, stabilen Atemantrieb, ist aber nach wie vor geschwächt, benötigt er leichte Unterstützung bei der Atemarbeit. Mit unterstützter Spontanbeatmung wird der Patient bei der Atmung entlastet.

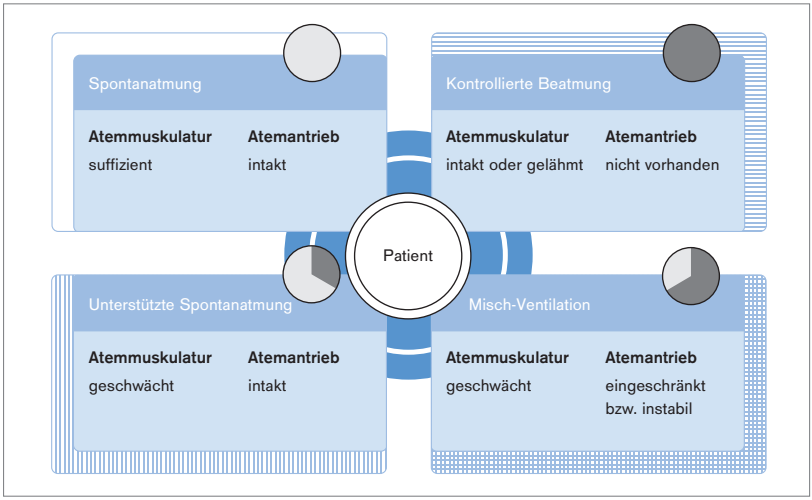


Abb. 3: Formen der Atmung / Beatmung

Hat sich der Patient soweit erholt, dass sowohl der Atemantrieb vollständig wiedererlangt als auch die Atemmuskulatur gekräftigt ist, kann er eigenständig spontan atmen.

Die Symbole, die unterschiedlich ausgefüllten Kreise, in der Abbildung 3 stehen für den jeweiligen Therapiestatus des Patienten. Diese Symbole finden sich bei jeder Modusbeschreibung wieder und geben eine Hilfestellung zu welchem Therapiestadium der beschriebene Modus verwendet werden kann.

ALARMGRENZEN:
Über den Behandlungsverlauf eines Patienten kann sich der Gesamtstatus mehrfach ändern. Das trifft ebenfalls auf das Krankheitsbild des Patienten zu. Aus diesem Grund kann es vorkommen, dass therapeutische Ausrichtungen bzw. Behandlungsstrategien angepasst werden.

Situationsbedingt und patientenspezifisch eingestellte Alarmgrenzen schützen deswegen den Patienten und helfen den richtigen Zeitpunkt für eine Anpassung der Beatmungseinstellungen zu finden.

Bei jeder Patientenaufnahme und jedem Wechsel des Beatmungsmodus sollten die Alarmgrenzen überprüft und auf den Patienten und den Beatmungsmodus angepasst werden.

Änderungen der Lungeneigenschaften und damit der Resistance R und Compliance C haben unterschiedliche Effekte in den verschiedenen Beatmungsmodi.

Bei volumenkontrollierten Beatmungsmodi sind die Drücke resultierende Größen. Deswegen ist es wichtig die Alarmgrenze P_{hoch} passend einzustellen.

Bei druckkontrollierten Beatmungsmodi ändert sich bei einer Veränderung der Resistance und Compliance das applizierte Tidalvolumen. Hier sollte besonders auf die Alarmgrenzen für VT_{hoch}, VT_{tief}, MV_{hoch}, MV_{tief} und f_{hoch} geachtet werden um einen Patientenschutz zu gewährleisten.

Volumenkontrollierte Ventilation
(Volume Control-Ventilation)

In der reinen volumenkontrollierten Beatmung wird das eingestellte Tidalvolumen vom Beatmungsgerät mit konstantem Flow geliefert. Der Inspirationsdruck ist die resultierende Größe und variiert aufgrund sich verändernder Lungenmechanik. Der vom Gerät kontrollierte und auf einem Zielwert gehaltene Wert ist das Tidalvolumen VT. Das Tidalvolumen sowie die Anzahl der mandatorischen Hübe pro Minute f können eingestellt werden. Daraus ergibt sich das Minutenvolumen MV. Durch den Flow, den konstanten Inspirationsfluss, wird eingestellt, wie schnell das Atemzugvolumen VT appliziert wird.

Ein Atemzug kann in inspiratorische und exspiratorische Phase unterteilt werden. Die Dauer der inspiratorischen Phase wird durch die Inspirationszeit T_i bestimmt. Ist der Inspirationsflow so hoch, dass das eingestellte Atemzugvolumen schon vor Ablauf der eingestellten Inspirationszeit T_i erreicht wird, ergibt sich eine inspiratorische Pause.

Da bei einer Änderung der Lungeneigenschaften und damit der Resistance R und Compliance C die Drücke in der Lunge bei volumenkontrollierter Beatmung variieren können, ist es wichtig zur Druckbegrenzung, die Alarmgrenze P_{hoch}, patientenorientiert einzustellen.

Um eine freie Durchatembarkeit während des gesamten Atemzyklus, und damit einen größeren Patientenkomfort zu erreichen kann bei volumenkontrollierter Ventilation AutoFlow aktiviert werden.

Volumenkontrollierte Beatmungsmodi sind nicht in der Patientenkategorie Neonaten verfügbar.

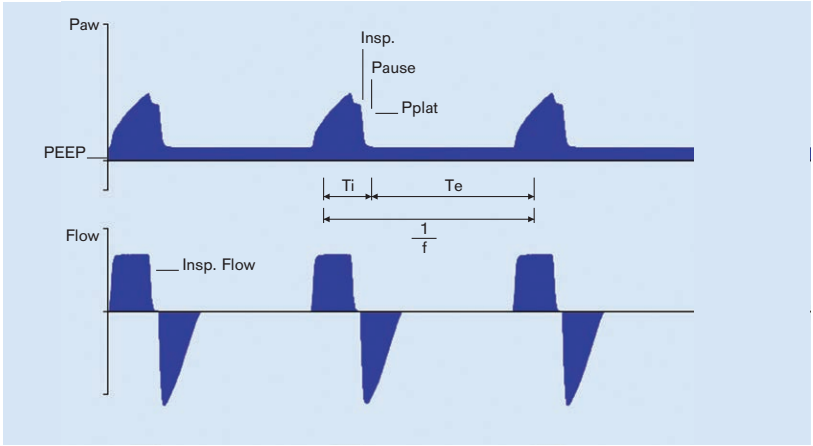
D-4-2010

Abb. 4: Mögliche Einstellungen der Beatmungsparameter für volumenkontrollierte Beatmungsmodi für die Patientenkategorie Erwachsene.

!
Alarmgrenze P_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Nicht in der Patientenkategorie Neonaten verfügbar

Volumenkontrollierte Modi
VC-CMV
VC-AC
VC-SIMV
VC-MMV

Aufgrund der Druckbegrenzung kann es sein, dass nicht immer das eingestellte VT erreicht wird
Minutenvolumen MV = VT * f
AutoFlow ist bei allen volumenkontrollierten Modi aktivierbar



D-5-2010

Abb. 5: Volumenkontrollierte Ventilation

AUTOFLOW

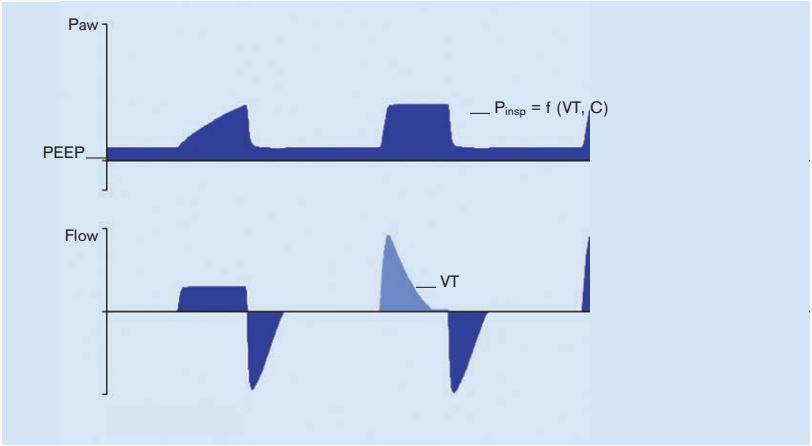
– erweiterte Beatmungseinstellung für alle volumenkontrollierten Beatmungsmodi (Abb. 6)

Durch AutoFlow wird sicher gestellt, dass bei allen volumenkontrollierten, mandatorischen Hüben das eingestellte Tidalvolumen VT mit minimal notwendigem Druck appliziert wird.

Im Falle sich verändernder Resistance R oder Compliance C wird der Druck schrittweise adaptiert um das eingestellte Tidalvolumen VT verabreichen zu können. Es wird also sowohl der Druck als auch der Flow automatisch angepasst.

Während des gesamten Atemzyklus, sowohl während Inspiration als auch während Exspiration ist es dem Patienten möglich spontan zu atmen.

- Dezelerierende Flowkurve
- Druckspitzen werden vermieden
- Freie Durchatembarkeit während des Atemzyklus
- Garantiertes Tidalvolumen



D-6-2010

Abb. 6: AutoFlow

VC-CMV
(VOLUME CONTROL-CONTINUOUS MANDATORY VENTILATION)

– volumenkontrolliert
– zeitgesteuert
– maschinengetriggert
– konstanter Inspirationsflow (Abb. 8)

In diesem volumenkontrollierten Beatmungsmodus bekommt der Patient bei jedem mandatorischen Beatmungshub das eingestellte Tidalvolumen VT. Das applizierte Atemzugvolumen ist unabhängig von einer sich ändernden Lungenmechanik.

Die Anzahl der mandatorischen Atemhübe ist durch die Frequenz f festgelegt. Damit bleibt das Minutenvolumen MV über die Zeit konstant.

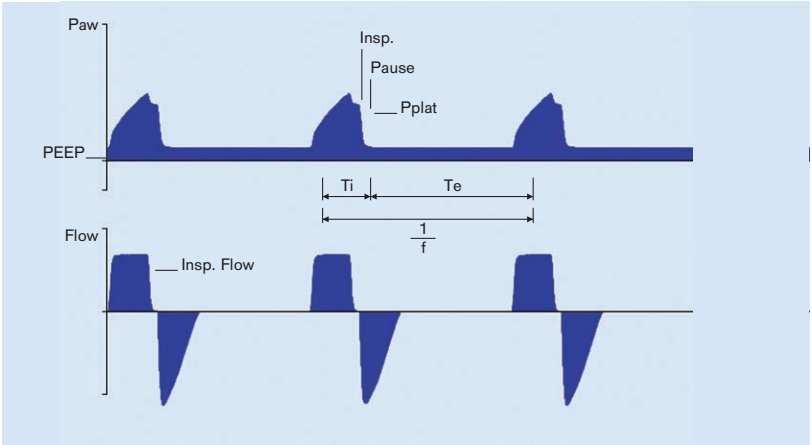
D-7-2010

Abb. 7: Mögliche Beatmungseinstellungen

!

Alarmgrenze P_{hoch} patientenspezifisch einstellen >

AutoFlow ist aktivierbar



D-5-2010

Abb. 8: VC-CMV

VC-AC
(VOLUME CONTROL- ASSIST CONTROL)

– volumenkontrolliert
– zeitgesteuert
– maschinen- oder patientengetriggert
– fester Inspirationsflow
– Backup-Frequenz (Abb. 10)

Im Beatmungsmodus VC-AC bekommt der Patient immer mindestens das eingestellte Tidalvolumen VT.

Bei VC-AC löst jede erkannte Einatemanstrengung des Patienten auf PEEP-Niveau einen mandatorischen Beatmungshub aus. Der Patient bestimmt somit den Zeitpunkt und die Anzahl der mandatorischen Beatmungshübe. Um dem Patienten genügend Zeit für die Exspiration zu geben, ist es nicht möglich, direkt nach einem erfolgten Atemhub einen erneuten mandatorischen Hub zu triggern.

Falls nach Ablauf der Exspirationszeit kein Beatmungshub getriggert wurde, wird automatisch ein mandatorischer Beatmungshub appliziert (Backup-Frequenz). Durch den Einsteller f wird somit die mindest Beatmungsfrequenz festgelegt.

Da die Anzahl der mandatorischen Hübe sowohl vom Patienten als auch von der eingestellten Frequenz f abhängig ist, kann das Minutenvolumen MV stark variieren.

D-8-2010

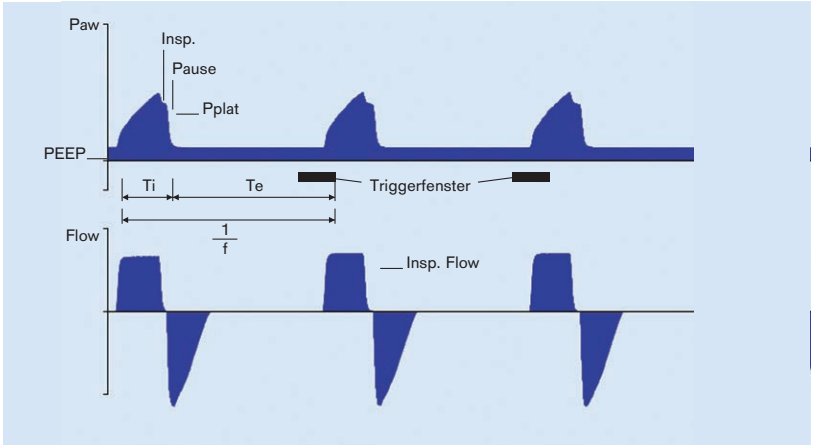
Abb. 9: Mögliche Beatmungseinstellung

!

Alarmgrenze P_{hoch} patientenspezifisch einstellen >

AutoFlow ist aktivierbar

Die Triggerempfindlichkeit kann eingestellt werden



D-9-2010

Abb. 10: VC-AC

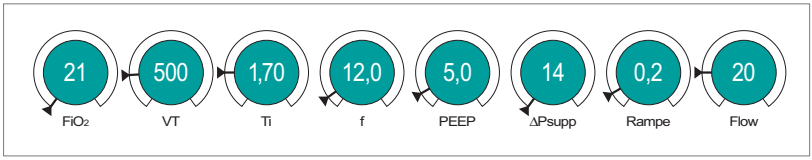
VC-SIMV (VOLUME CONTROL-SYNCHRONIZED INTERMITTENT MANDATORY VENTILATION)

– volumenkontrolliert
– zeitgesteuert
– maschinen- oder patientengetriggert
– konstanter Inspirationsflow
– erlaubte Spontanatmung auf dem PEEP-Niveau (Abb. 12)

Der Patient bekommt bei VC-SIMV während der mandatorischen Beatmungshübe ausschließlich das eingestellte Tidalvolumen VT geliefert.
Die mandatorischen Hübe werden mit den Einatemanstrengungen des Patienten synchronisiert. Ein patientengetriggerter Beatmungshub kann nur innerhalb eines Triggerfensters ausgelöst werden. Verkürzt sich aufgrund der Synchronisation die Exspirationsphase und damit die Spontanatemzeit wird die darauf folgende Exspirationsphase verlängert. Durch diese Adaption wird verhindert, dass sich die Anzahl der mandatorischen Beatmungshübe f erhöht.

Wird innerhalb des Triggerfensters keine Einatemanstrengung erkannt, werden maschinengetriggerte Beatmungshübe appliziert. Das Minutenvolumen MV bleibt so über die Zeit konstant.

Falls die Atemanstrengungen des Patienten nicht ausreichen um die mandatorischen Hübe zu triggern, werden maschinengetriggerte Hübe appliziert. Dem Patienten ist es möglich während der Exspirationsphase auf PEEP-Niveau spontan zu atmen. Während der Spontanatmung auf PEEP-Niveau kann der Patient mit Hilfe von PS druckunterstützt werden.



D-10-2010

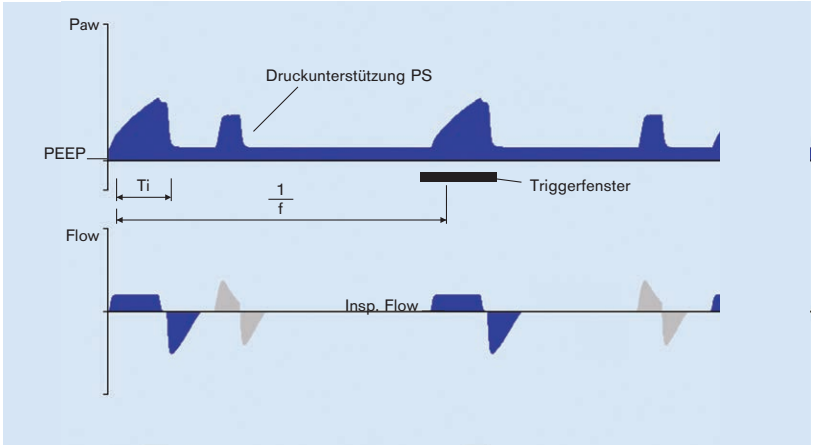
Abb. 11: Mögliche Beatmungseinstellungen

!

Alarmgrenze P_{hoch} patientenspezifisch einstellen >

AutoFlow ist aktivierbar

Die Triggerempfindlichkeit kann eingestellt werden



D-11-2010

Abb. 12: VC-SIMV

VC-MMV
(VOLUME CONTROL-MANDATORY MINUTE VOLUME)

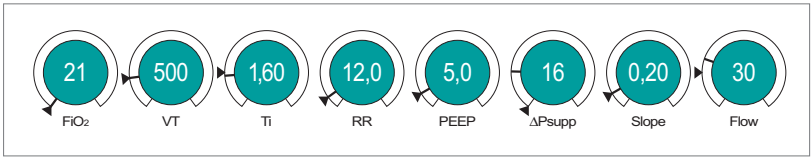
- volumenkontrolliert
- zeitgesteuert
- maschinen- oder patientengetriggert
- Sicherung des mandatorischen Minutenvolumens mit erlaubter Spontanatmung auf PEEP Niveau (Abb. 14)

VC-MMV garantiert, dass der Patient immer mindestens das eingestellte Minutenvolumen MV (MV=VT*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 PS druckunterstützt werden.

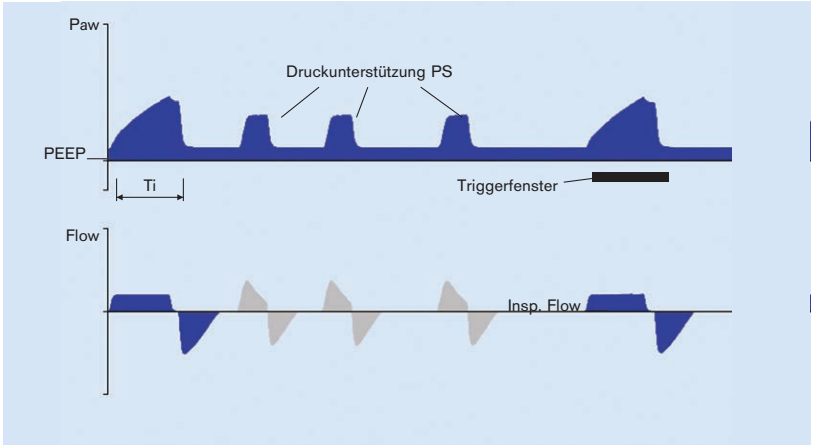


D-12-2010

Abb. 13: Mögliche Beatmungseinstellungen

!
Alarmgrenze P_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze f_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze VT_{tief} patientenspezifisch einstellen <

AutoFlow ist aktivierbar
Die Triggerempfindlichkeit kann eingestellt werden



D-13-2010

Abb. 14: VC-MMV

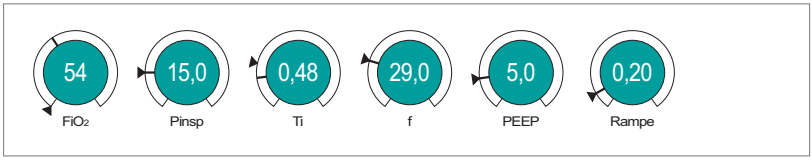
Druckkontrollierte Ventilation
(Pressure Control-Ventilation)

In der reinen druckkontrollierten Beatmung werden zwei Druckniveaus konstant gehalten: das untere Druckniveau PEEP und das obere Druckniveau P_{insp}. Das Volumen und der dezelerierende Flow sind die daraus resultierenden Größen und können aufgrund sich verändernder Lungenmechanik variieren (Abb. 16).

Der vom Gerät kontrollierte und auf einem Zielwert gehaltene Wert ist der Druck P_{insp}. Der Druck PEEP, P_{insp} sowie die Anzahl der mandatorischen Hübe pro Minute f können eingestellt werden. Die Differenz zwischen den beiden Druckniveaus PEEP und P_{insp}, der Atemantrieb des Patienten, sowie die Lungenmechanik bestimmen das gelieferte Atemzugvolumen VT. Das Minutenvolumen MV kann variieren. Mit Hilfe des Einstellers Rampe kann der Druckanstieg auf das obere Druckniveau patientenorientiert eingestellt werden. In der neonatalen Beatmung wird zur Bestimmung dieses Druckanstiegs häufig der Einsteller Flow benutzt. Beide Einsteller legen fest, wie lange der Druckanstieg vom unteren zum oberen Druckniveau dauert.

Ein Atemzug kann in inspiratorische und exspiratorische Phase unterteilt werden. Die Dauer der inspiratorischen Phase wird durch die Inspirationszeit Ti bestimmt. In der druckkontrollierten Beatmung wird für die Dauer Ti das obere Druckniveau P_{insp} aufrechterhalten. Der Zeitpunkt des nächsten mandatorischen Beatmungshubes ergibt sich aus der Anzahl der mandatorischen Beatmungshübe pro Minute f und der Inspirationszeit Ti. Diese Zeitsteuerung wird nicht in PC-PSV eingesetzt.

Variiert während der Beatmungstherapie die Lungenmechanik des Patienten und damit die Resistance R und Compliance C hat dies ausschließlich Einfluss auf das applizierte Tidalvolumen. Die Drücke bleiben konstant. Auch im Falle von Leckagen werden die Drücke aufrechterhalten.



D-14-2010

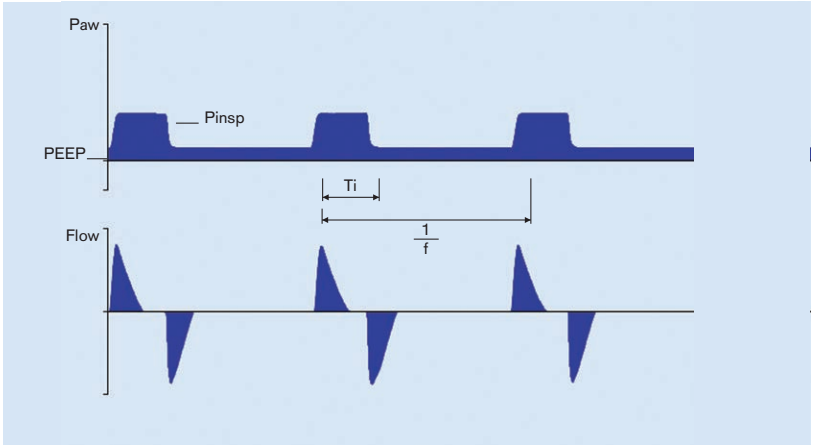
Abb. 15: Mögliche Einstellungen der Beatmungsparameter für druckkontrollierte Beatmungsmodi für die Patientenkategorie Erwachsene

!
Alarmgrenze VT_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze VT_{tief} patientenspezifisch einstellen <
Alarmgrenze f_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze MV_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze MV_{tief} patientenspezifisch einstellen <

Während des gesamten Atemzyklus ist eine freie Durchatembarkeit möglich
Charakteristisch für die druckkontrollierte Beatmung bei Dräger: Die dezelerierende Flowkurve

Druckkontrollierte Modi

PC-CMV	PC-BIPAP
PC-AC	PC-APRV
PC-SIMV	PC-PSV



D-15-2010

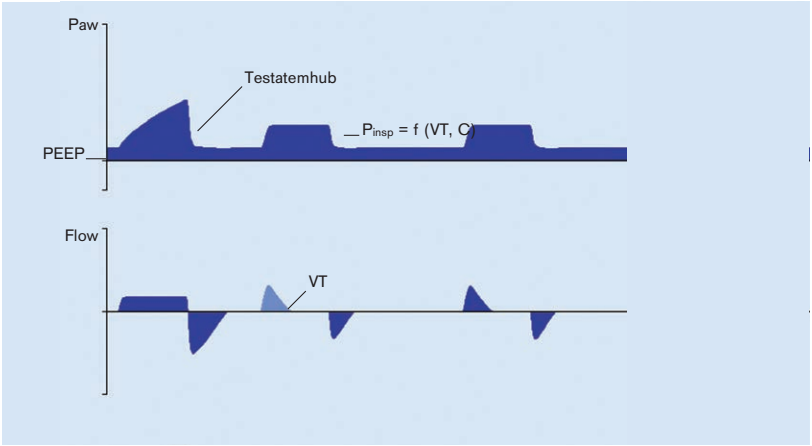
Abb. 16: Druckkontrollierte Ventilation

VOLUMENGARANTIE

Volumengarantie ist eine erweiterte Beatmungseinstellung für druckkontrollierte Beatmungsmodi wie z.B.: PC-SIMV, PC-AC, PC-CMV und PC-PSV (Abb. 17). Durch Volumengarantie wird sicher gestellt, dass bei allen mandatorischen Hüben das eingestellte Tidalvolumen VT mit minimal notwendigem Druck appliziert wird. Im Falle sich verändernder Resistance R oder Compliance C wird der Druck schrittweise adaptiert, um das eingestellte Tidalvolumen VT verabreichen zu können.

Spontanatmung ist während des gesamten Atemzyklus möglich.

- Dezelerierende Flowkurve
- Freie Durchatembarkeit während des kompletten Atemzyklus
- Garantiertes Tidalvolumen



D-16-2010

Abb. 17: Volumengarantie

PC-CMV
(PRESSURE CONTROL-CONTINUOUS MANDATORY VENTILATION)

– druckkontrolliert
– maschinengetriggert
– zeitgesteuert
– erlaubte Spontanatmung während des gesamten Atemzyklus (Abb. 19)

Das dem Patienten zugeführte Tidalvolumen ist abhängig von der Druckdifferenz zwischen PEEP und der Lungenmechanik und dem Atemantrieb des Patienten.

Die Anzahl der mandatorischen Atemhübe wird durch die Atemfrequenz f bestimmt.

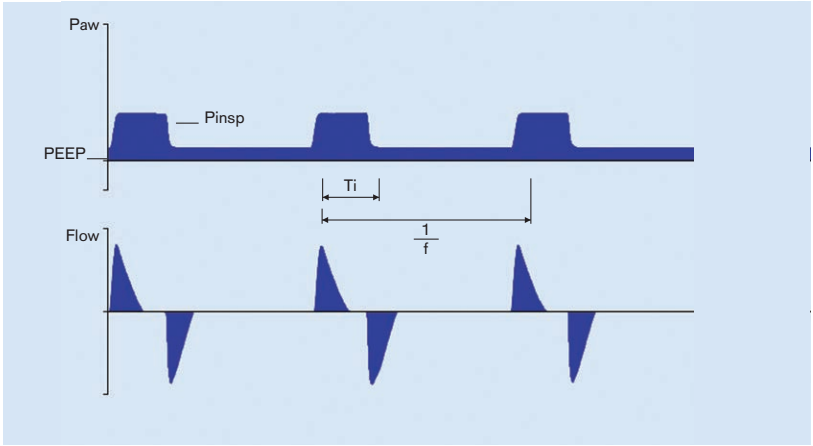
Die mandatorischen Beatmungshübe sind maschinengetriggert und werden nicht durch den Patienten ausgelöst.

D-17-2010

Abb. 18: Mögliche Beatmungseinstellungen

!
Alarmgrenze VT_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze VT_{tief} patientenspezifisch einstellen <
Alarmgrenze MV_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze MV_{tief} patientenspezifisch einstellen <

Freie Durchatembarkeit während des kompletten Atemzyklus
Volumengarantie aktivierbar



D-15-2010

Abb. 19: PC-CMV

PC-AC
(PRESSURE CONTROL-ASSIST CONTROL)

– druckkontrolliert
– zeitgesteuert
– maschinen- oder patientengetriggert
– Backup-Frequenz
– erlaubte Spontanatmung während des gesamten Atemzyklus (Abb. 21)

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 Exspiration zu geben ist es nicht möglich direkt nach einem erfolgten Atemhub einen erneuten mandatorischen Hub zu triggern.

Falls nach Ablauf der Exspirationszeit kein Beatmungshub getriggert wurde, wird automatisch ein mandatorischer Beatmungshub appliziert (Backup-Frequenz). Durch den Einsteller f wird somit die mindest Beatmungsfrequenz festgelegt.

Das Tidalvolumen VT ergibt sich aus der Druckdifferenz zwischen PEEP und P_{insp}, der Lungenmechanik und dem Atemantrieb des Patienten.

Verändert sich während der Beatmungstherapie die Resistance R oder Compliance C der Lunge, variiert ebenso das gelieferte Tidalvolumen VT.

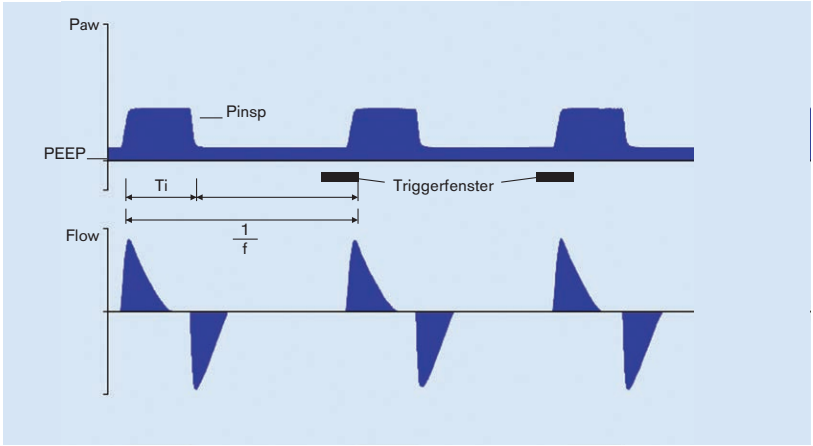
Da die Anzahl der mandatorischen Hübe sowohl vom Patienten als auch von der eingestellten Frequenz f abhängig ist, kann das Minutenvolumen MV stark variieren.

D-18-2010

Abb. 20: Mögliche Beatmungseinstellungen

!
Alarmgrenze VT_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze VT_{tief} patientenspezifisch einstellen <
Alarmgrenze f_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze MV_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze MV_{tief} patientenspezifisch einstellen <

Freie Durchatembarkeit während des kompletten Atemzyklus
Die Triggerempfindlichkeit kann eingestellt werden
Volumengarantie kann aktiviert werden



D-19-2010

Abb. 21: PC-AC

PC-SIMV (PRESSURE CONTROL-SYNCHRONIZED INTERMITTENT MANDATORY VENTILATION)

– druckkontrolliert
– zeitgesteuert
– maschinen- oder patientengetriggert
– Spontanatmung während des gesamten Atemzyklus möglich (Abb. 23)

Bei PC-SIMV kann der Patient jederzeit spontan atmen, wobei die Anzahl an mandatorischen Hüben vorgegeben ist.

Die mandatorischen Hübe werden mit den Einatemanstrengungen des Patienten synchronisiert. Ein patientengetriggerter Beatmungshub kann nur innerhalb eines Triggerfensters ausgelöst werden. Verkürzt sich aufgrund der Synchronisation die Exspirationsphase und damit die Spontanatemzeit wird die darauf folgende Exspirationsphase verlängert. Durch diese Adaption wird verhindert, dass sich die Anzahl der mandatorischen Beatmungshübe f erhöht.

Wird innerhalb des Triggerfensters keine Einatemanstrengung erkannt, werden maschinengetriggerte Beatmungshübe appliziert.

Das mandatorische Tidalvolumen VT ergibt sich aus der Druckdifferenz zwischen PEEP und P_{insp} sowie der Lungenmechanik und dem Atemantrieb des Patienten.

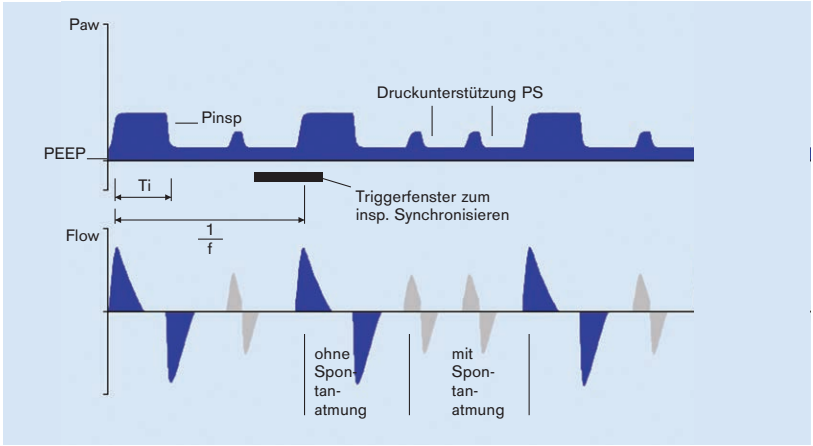
Verändert sich während der Beatmungstherapie die Resistance R oder Compliance C der Lunge, variiert ebenso das gelieferte Tidalvolumen VT und somit das Minutenvolumen MV.

In diesem Beatmungsmodus kann der Patient während des kompletten Atemzyklus spontan atmen. Während der Spontanatmung auf PEEP-Niveau kann er dabei mit Hilfe von PS unterstützt werden.

D-20-2010

Abb. 22: Mögliche Beatmungseinstellungen

!	
Alarmgrenze VT_{hoch} patientenspezifisch einstellen >	Freie Durchatembarkeit während des kompletten Atemzyklus
Alarmgrenze VT_{tief} patientenspezifisch einstellen <	Die Triggerempfindlichkeit kann eingestellt werden
Alarmgrenze f_{hoch} patientenspezifisch einstellen >	Volumengarantie kann aktiviert werden
Alarmgrenze MV_{hoch} patientenspezifisch einstellen >	
Alarmgrenze MV_{tief} patientenspezifisch einstellen <	



D-21-2010

Abb. 23: PC-SIMV

PC-BIPAP
(PRESSURE CONTROL-BIPHASIC POSITIVE AIRWAY PRESSURE)

– druckkontrolliert
– zeitgesteuert
– maschinen- oder patientengetriggert
– in- und exspiratorisch synchronisiert
– erlaubte Spontanatmung während des gesamten Atemzyklus (Abb. 25)

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 exspiratorisch mit den Atembemühungen des Patienten synchronisiert. Bei einer Verkürzung des mandatorischen Hubes aufgrund der Synchronisation der Exspiration wird der darauffolgende mandatorische Hub verlängert. Durch die Synchronisation der Inspiration wird die Exspirationsphase verkürzt. Hier wird die darauf folgende Exspirationszeit um die fehlende Zeit verlängert. Dadurch wird eine Erhöhung der eingestellten mandatorischen Atemfrequenz f vermieden.

Wird innerhalb des inspiratorischen Triggerfensters keine Spontanatmung erkannt, werden maschinengetriggerte Beatmungshübe appliziert.
Das mandatorische Tidalvolumen VT ergibt sich aus der Druckdifferenz zwischen PEEP und P_{insp} sowie der Lungenmechanik und dem Atemantrieb des Patienten.

Verändert sich während der Beatmungstherapie die Resistance R oder Compliance C der Lunge, variiert ebenso das gelieferte Tidalvolumen VT und somit das Minutenvolumen MV.

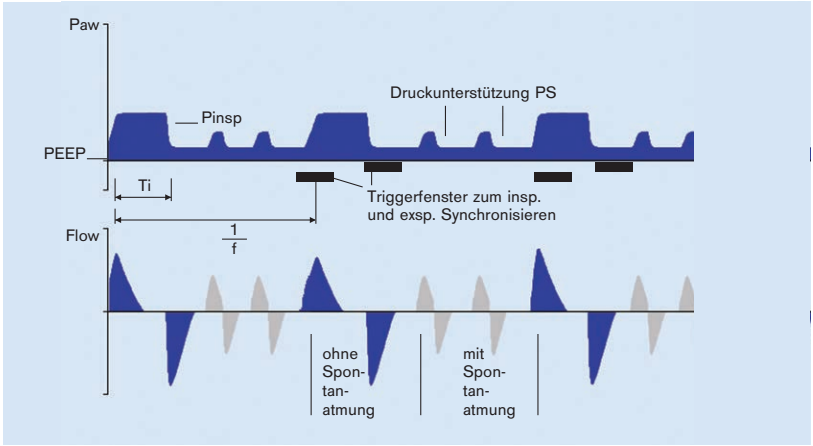
In diesem Beatmungsmodus kann der Patient während des kompletten Atemzyklus spontan atmen. Während der Spontanatmung auf PEEP-Niveau kann er dabei mit Hilfe von PS unterstützt werden.

D-22-2010

Abb. 24: Mögliche Beatmungseinstellungen

!
Alarmgrenze VT_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze VT_{tief} patientenspezifisch einstellen <
Alarmgrenze f_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze MV_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze MV_{tief} patientenspezifisch einstellen <

Freie Durchatembarkeit während des kompletten Atemzyklus
Die Triggerempfindlichkeit kann eingestellt werden



D-23-2010

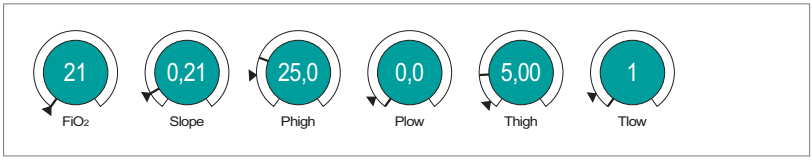
Abb. 25: PC-BIPAP

PC-APRV
(PRESSURE CONTROL-AIRWAY PRESSURE RELEASE VENTILATION)

– druckkontrolliert
– zeitgesteuert
– maschinengetriggert
– Spontanatmung unter kontinuierlich positivem Atemwegsdruck mit kurzzeitiger Druckentlastung (Abb. 27)

Bei PC-APRV erfolgt die Spontanatmung des Patienten auf dem oberen Druckniveau P_{hoch}. Dieses Druckniveau P_{hoch}, wird für die Dauer von T_{hoch} aufrechterhalten. Um die CO_2-Elimination zu unterstützen, wird während der Dauer der Exspiration für eine kurze Zeit T_{tief}, der Druck auf P_{tief} abgesenkt. Der Wechsel zwischen den beiden Druckniveaus erfolgt maschinengetriggert und zeitgesteuert.

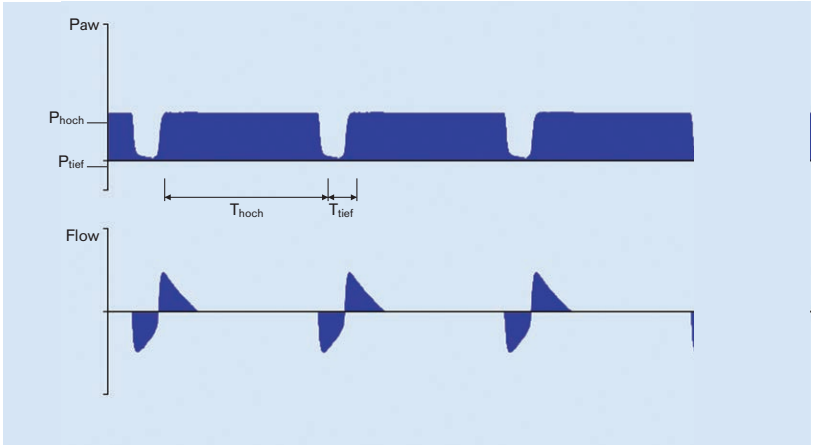
Das während der Entlastungen ausgeatmete Atemzugvolumen VT ergibt sich aus der Druckdifferenz zwischen P_{tief} und P_{hoch}, der Zeit T_{tief} und der Lungenmechanik. Verändert sich während der Beatmungstherapie die Resistance oder Compliance der Lunge, variiert ebenso das gelieferte Tidalvolumen VT und somit das Minutenvolumen MV.



D-24-2010

Abb. 26: Mögliche Beatmungseinstellungen

!	
Alarmgrenze VT_{hoch} patientenspezifisch einstellen >	Freie Durchatembarkeit während des kompletten Atemzyklus
Alarmgrenze VT_{tief} patientenspezifisch einstellen <	
Alarmgrenze f_{hoch} patientenspezifisch einstellen >	
Alarmgrenze MV_{hoch} patientenspezifisch einstellen >	
Alarmgrenze MV_{tief} patientenspezifisch einstellen <	



D-25-2010

Abb. 27: PC-APRV

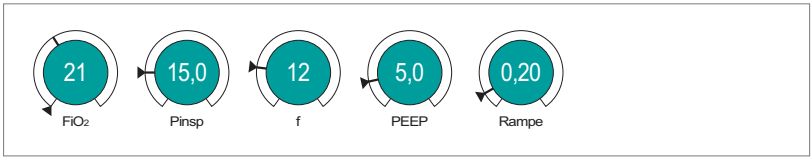
PC-PSV
(PRESSURE CONTROL-PRESSURE SUPPORT VENTILATION)

– druckkontrolliert
– maschinen- oder patientengetriggert
– flowgesteuert
– druckunterstützt
– mit garantierter Mindestfrequenz (Backup-Frequenz) (Abb. 29)

Bei PC-PSV kann der Patient auf PEEP-Niveau spontan atmen. Jede erkannte Einatemanstrengung kann druckunterstützt werden, wobei die absolute Höhe der Druckunterstützung durch P_{insp} festgelegt wird. Die Dauer der Inspiration ist flowgesteuert und richtet sich somit nach der Lungenmechanik des Patienten. Der Patient bestimmt die Anzahl, den Zeitpunkt und die Dauer der druckunterstützten Hübe.

Ist die Atemfrequenz des Patienten geringer als die eingestellte Backup-Frequenz f oder liegt keine Spontanatmung vor, werden maschinengetriggerte, flowgesteuerte Beatmungshübe mit dem eingestellten Druck P_{insp} appliziert.

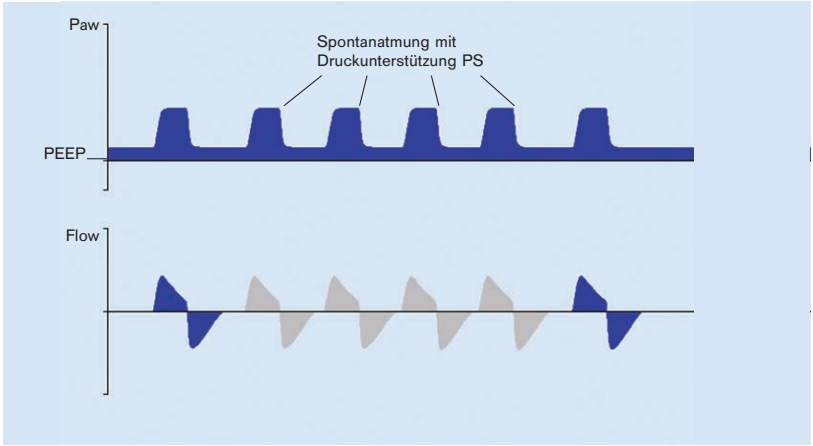
Das Tidalvolumen VT ergibt sich aus der Druckdifferenz zwischen PEEP und P_{insp} sowie der Lungenmechanik und dem Atemantrieb des Patienten. Verändert sich während der Beatmungstherapie die Resistance R oder Compliance C der Lunge, variiert ebenso das gelieferte Tidalvolumen VT und somit das Minutenvolumen MV.



D-26-2010

Abb. 28: Mögliche Beatmungseinstellungen

!	
Alarmgrenze f_{hoch} patientenspezifisch einstellen >	Freie Durchatembarkeit während des kompletten Atemzyklus
Alarmgrenze MV_{hoch} patientenspezifisch einstellen >	Die Triggerempfindlichkeit kann eingestellt werden
	Volumengarantie kann aktiviert werden



D-27-2010

Abb. 29: PC-PSV

Unterstützte Spontanatmung
SPN-Ventilation

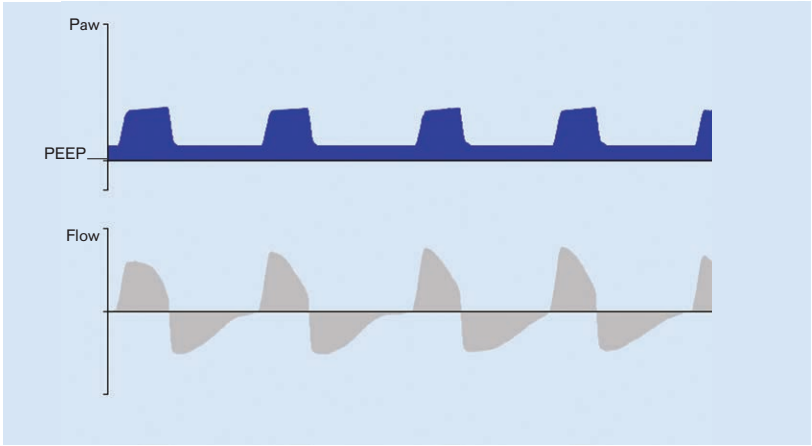
In den spontanen Beatmungsmodi übernimmt der Patient einen großen Anteil der Atemarbeit. Das Druckniveau CPAP auf dem spontan geatmet wird kann eingestellt werden. In allen spontanen Beatmungsmodi können die spontanen Hübe maschinell unterstützt werden.

Um der jeweiligen Lungenmechanik gerecht zu werden, kann die Geschwindigkeit des Druckanstiegs bei PS (Pressure Support) und VS (Volume Support) mit dem Einsteller Rampe oder Flow (in der Neonatalbeatmung) festgelegt werden. Beide Einsteller, Rampe und Flow, legen also fest, wie lange der Druckanstieg vom unteren zum oberen Druckniveau dauert. Beim Einsteller Rampe wird die Zeit in Sekunden eingestellt, beim Einsteller Flow der Gasfluss in Liter pro Minute. Diese Einstellungen haben unmittelbare Auswirkungen auf das gelieferte Tidalvolumen VT.

D-28-2010

Abb. 30: Mögliche Beatmungseinstellungen

Spontanatemmodi
SPN-CPAP/PS
SPN-CPAP/VS
SPN-PPS



D-29-2010

Abb. 31: SPN-CPAP/PS

SPN-CPAP/PS (SPONTANEOUS-CONTINUOUS POSITIVE AIRWAY PRESSURE/PRESSURE SUPPORT)

– Spontanatmung
– kontinuierlich positives Druckniveau mit oder ohne Druckunterstützung (Abb. 33)

Bei SPN-CPAP/PS atmet der Patient auf dem CPAP-Niveau. Der Atemwegsdruck ist, wie bei der mandatorischen Beatmung, im Verhältnis zum atmosphärischen Druck während des kompletten Atemzyklus also während In- und Exspiration erhöht. Sollte der Patient noch zu schwach sein um die komplette Atemarbeit alleine bewältigen zu können, besteht die Möglichkeit einer Druckunterstützung (PS).

Jede erkannte Einatemanstrengung auf CPAP-Niveau löst einen patientengetriggerten, flowgesteuerten, druckunterstützten Beatmungshub aus. Der Zeitpunkt, die Anzahl und die Dauer der druckunterstützten Hübe werden durch den Patienten bestimmt.

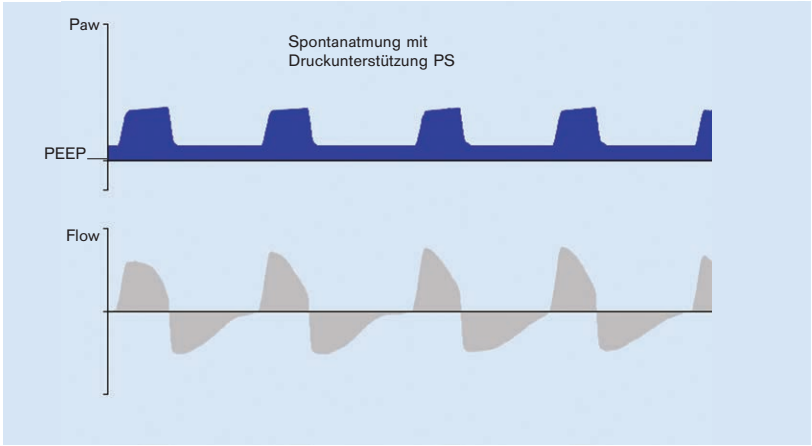
Im Falle einer sich verändernden Lungenmechanik oder eines sich verändernden Atemantriebs des Patienten variiert bei fest eingestelltem PS das applizierte Volumen.

D-28-2010

Abb. 32: Mögliche Beatmungseinstellungen

!
Alarmgrenze f_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze MV_{hoch} patientenspezifisch einstellen >
Alarmgrenze MV_{tief} patientenspezifisch einstellen <

Freie Durchatembarkeit während des kompletten Atemzyklus
Die Triggerempfindlichkeit kann eingestellt werden



D-29-2010

Abb. 33: SPN-CPAP/PS

VARIABLE PS
VARIABLE PRESSURE SUPPORT

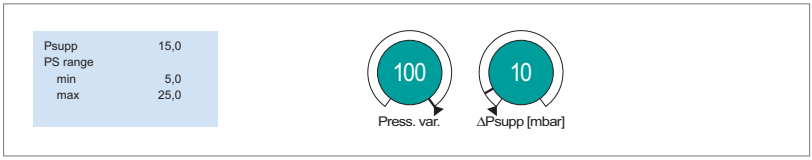
– automatische Variation der Druckunterstützung PS in SPN-CPAP/PS (Abb. 35)

Variable PS ist eine Form der Druckunterstützung in SPN-CPAP/PS. Das Grundprinzip für druckunterstützte Spontanatmung bleibt vollständig erhalten und wird nicht modifiziert.

Bei der Aktivierung von Variable PS werden atemzugweise unterschiedlich hohe Druckunterstützungsniveaus appliziert. Es wird zunächst eine Druckunterstützung ΔP_{supp} eingestellt.

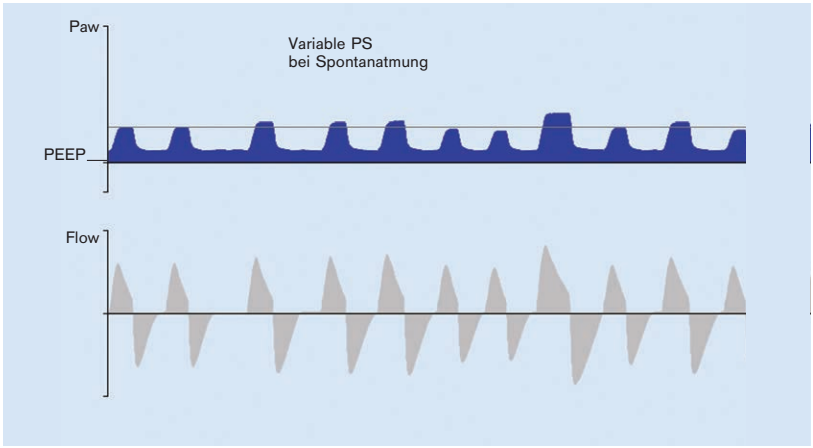
Die Variation des Unterstützungsdrucks erfolgt um den festgelegten mittleren Unterstützungsdruck P_{supp} (P_{supp} = PEEP + ΔP_{supp}). Die Drücke variieren dabei im Bereich von $P_{supp} \pm \Delta P_{supp}$.

Die Höhe der Variation wird mit Hilfe des Einstellers Press. var. bestimmt. Die Einstellung erfolgt in Prozent der eingestellten Druckunterstützung P_{supp}. Die Variation Press. var. kann im Bereich von 0 bis 100 % verändert werden. Aufgrund der Variation der Druckunterstützung entstehen bei jedem Atemzug unterschiedliche Beatmungsdrücke und damit Atemzugsvolumina. Die Höhe des Beatmungsdruckes ist unabhängig von der Atemanstrengung des Patienten.



D-30-2010

Abb. 34: Mögliche Beatmungseinstellungen



D-31-2010

Abb. 35: SPN-CPAP mit Variable PS

SPN-CPAP/VS (SPONTANEOUS-CONTINUOUS POSITIVE AIRWAY PRESSURE/VOLUME SUPPORT)

– Spontanatmung
– kontinuierliches positives Druckniveau
– mit oder ohne Volumenunterstützung (Abb. 37)

Bei SPN-CPAP/VS atmet der Patient auf dem CPAP-Niveau. Der Atemwegsdruck ist, wie bei der mandatorischen Beatmung, im Verhältnis zum atmosphärischen Druck während des kompletten Atemzyklus also während In- und Exspiration erhöht. Sollte der Patient noch zu schwach sein um die komplette Atemarbeit alleine bewältigen zu können, kann eine Volumenunterstützung zugeschaltet werden. Dabei wird ein Ziel Atemzugvolumen VT eingestellt und der dafür notwendige Druck appliziert.

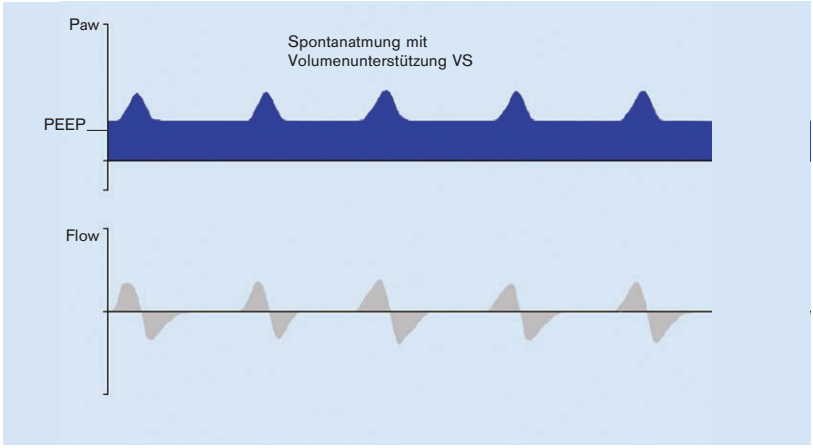
Jede erkannte Einatemanstrengung auf CPAP-Niveau löst einen volumenunterstützten, flowgesteuerten Beatmungshub aus.

Bei sich verändernden Lungeneigenschaften variiert der applizierte Druck um das eingestellte VT konstant zu halten. Um zu hohe Drücke zu vermeiden ist es unbedingt notwendig, die Alarmgrenze P_{hoch} einzustellen.

D-32-2010

Abb. 36: Mögliche Beatmungseinstellungen

!	
Alarmgrenze P_{hoch} patientenspezifisch einstellen >	Freie Durchatembarkeit während des kompletten Atemzyklus
Alarmgrenze f_{hoch} patientenspezifisch einstellen >	Die Triggerempfindlichkeit kann eingestellt werden



D-33-2010

Abb. 37: SPN-CPAP/VS

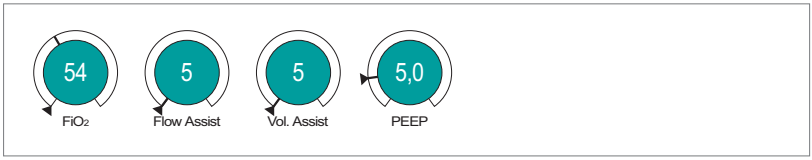
SPN-PPS
(SPONTANEOUS-PROPORTIONAL PRESSURE SUPPORT)

– Spontanatmung
– Flow- und volumenproportionale Druckunterstützung (Abb. 39)

Bei SPN-PPS wird eine patientengetriggerte, flowgesteuerte Druckunterstützung proportional zu den Inspirationsanstrengungen des Patienten appliziert. D.h., eine geringe Atemanstrengung wird nur gering unterstützt, während eine verstärkte Atemanstrengung eine größere Unterstützung zur Folge hat. Die absolute Höhe der Unterstützung ist sowohl von der Einstellung 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), können miteinander kombiniert angewendet werden. Mit Hilfe von Volume-assist können die elastischen Widerstände C kompensiert werden wohingegen Flow-Assist hilft die Atemwegswiderstände R zu überwinden.

Die Relation zwischen Einatemanstrengung und Druckunterstützung bleibt bei gleichen Einstellungen konstant, während die Druckunterstützung von Atemzug zu Atemzug variiert.



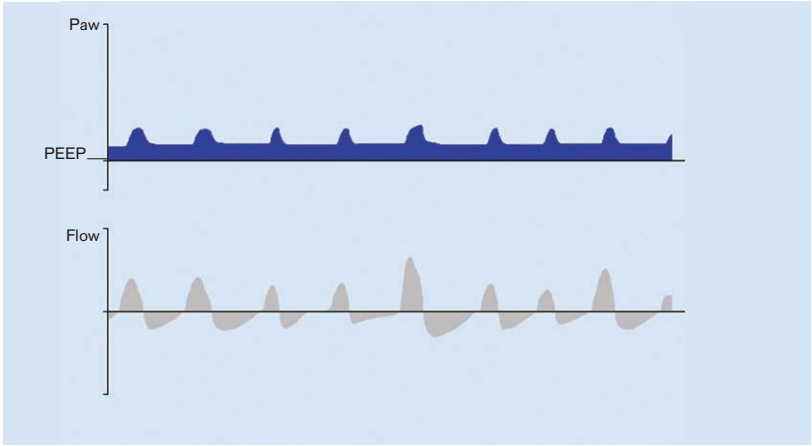
D-34-2010

Abb. 38: Mögliche Beatmungseinstellungen

!

Alarmgrenze VT_{hoch} patientenspezifisch einstellen >

Die Triggerempfindlichkeit kann eingestellt werden



D-35-2010

Abb. 39: SPN-PPS

Spezifische Beatmungsmodi in der Neonatologie

Da sich die Beatmungstherapie für Neonaten von der für Erwachsene teilweise unterscheidet, sind spezielle Modi für Neonaten verfügbar. Folgende Modi sind insbesondere bei Neonaten anwendbar.

Neonatal spezifische Beatmungsmodi
SPN-CPAP (nur in nicht invasiver Beatmung, NIV)
PC-HFO
PC-MMV

D-36-2010

SPN-CPAP
(SPONTANEOUS-CONTINUOUS POSITIVE AIRWAY PRESSURE)

– Spontanatmung auf CPAP-Niveau
– manuell auslösbare, zeitgesteuerte, druckkontrollierte Hübe (Abb. 41)

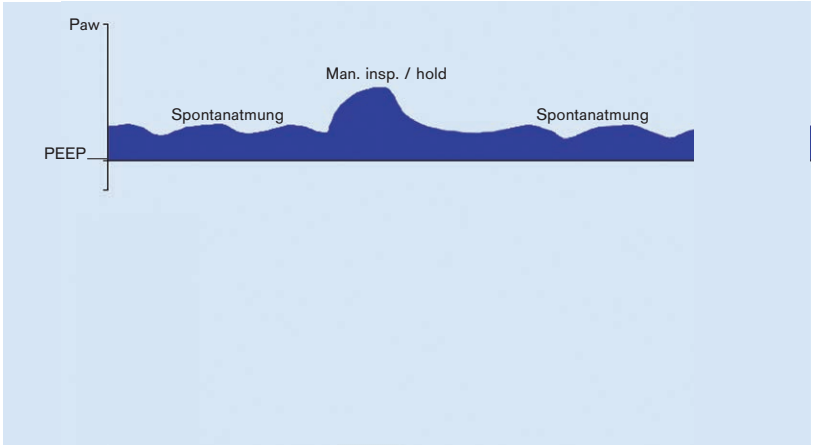
Bei SPN-CPAP atmet der Patient auf CPAP-Niveau. Der Atemwegsdruck ist im Verhältnis zum atmosphärischen Druck, wie bei der mandatorischen Beatmung, während des kompletten Atemzyklus also während In- und Exspiration erhöht.

Es besteht für den Anwender die Möglichkeit über Knopfdruck mandatorische Hübe zu applizieren. Das Druckniveau dieser Hübe wird mit PmanInsp eingestellt. TmanInsp bestimmt die Dauer der Hübe.

D-37-2010

Abb. 40: Mögliche Beatmungseinstellungen

Dieser Modus ist nur in nicht invasiver Beatmung (NIV) verfügbar



D-38-2010

Abb. 41: SPN-CPAP

PC-HFO
(PRESSURE CONTROL-HIGH FREQUENCY OSCILLATION)

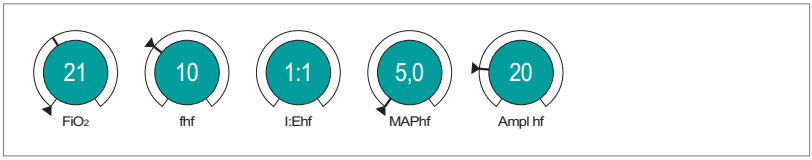
– druckkontrolliert
– hochfrequente Oszillationen auf dem Niveau des Mitteldrucks (Abb. 43)

In PC-HFO werden dem Patienten auf dem Niveau eines einzustellenden Mitteldrucks kleine sehr schnelle Atemhübe, sogenannte hochfrequente Druckoszillationen, verabreicht.

Die applizierten Atemzugvolumina bewegen sich dabei in der Größenordnung des Totraumvolumens und ermöglichen trotz der geringen Volumina den Gasaustausch in der Lunge. Während im Schlauchsystem beträchtliche Druckamplituden auftreten können, sind die Druckschwankungen in der Lunge eher gering und bewegen sich nahe um den Mitteldruck.

Der Mitteldruck um den die Schwingungen erfolgen wird durch MAPhf bestimmt. Die Druckamplitude wird direkt über den Einsteller Ampl hf festgelegt. Dabei ist Ampl hf die Differenz zwischen dem maximalen und minimalen Druck der Schwingung. Wie häufig die Oszillationen pro Sekunde auftreten wird mit fhf eingestellt. Abhängig von der Frequenz fhf stehen verschiedene I:E Verhältnisse zur Auswahl.

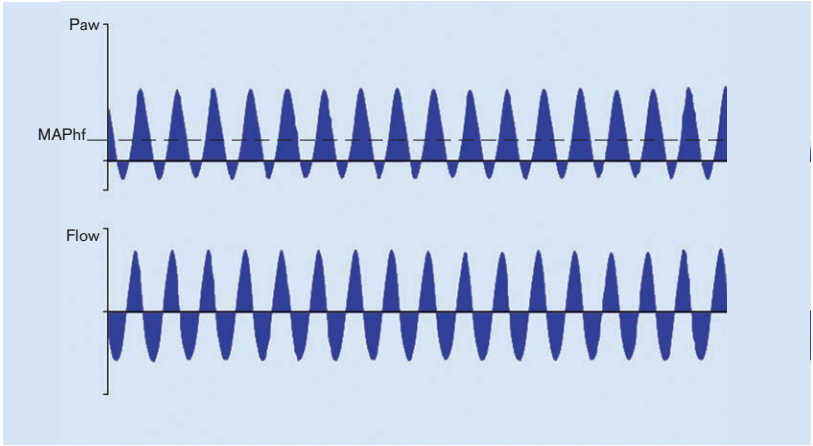
Eine spontane Atmung des Patienten ist bei PC-HFO jederzeit möglich.



D-39-2010

Abb. 42: Mögliche Beatmungseinstellungen

!	
Alarmgrenze MV_{hoch} patientenspezifisch einstellen >	Volumengarantie kann aktiviert werden
Alarmgrenze MV_{tief} patientenspezifisch einstellen <	



D-40-2010

Abb. 43: PC-HFO

PC-MMV
(PRESSURE CONTROL-MANDATORY MINUTE VOLUME)

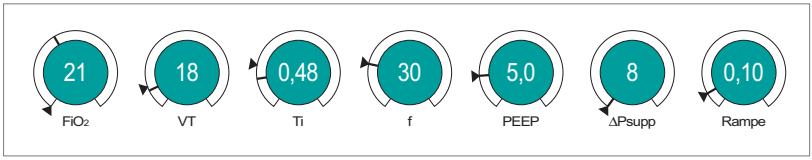
- volumengarantiert
- zeitgesteuert
- maschinen- oder patientengetriggert
- Sicherung des mandatorischen Minutenvolumens mit erlaubter Spontanatmung auf PEEP Niveau
- stets aktivierte Volumengarantie (Abb. 45)

PC-MMV garantiert, dass der Patient immer mindestens das eingestellte Minutenvolumen MV (MV=VT*f) bekommt.

Dem Patienten ist es dabei möglich jederzeit auf PEEP-Niveau spontan zu atmen. Reicht die Spontanatmung des Patienten nicht aus, um das eingestellte MV zu erreichen, werden maschinengetriggerte, zeitgesteuerte Hübe appliziert. Diese mandatorischen Hübe werden mit den Einatemanstrengungen des Patienten synchronisiert.

Die eingestellte Atemfrequenz f ist somit die maximale Anzahl der mandatorischen Hübe.

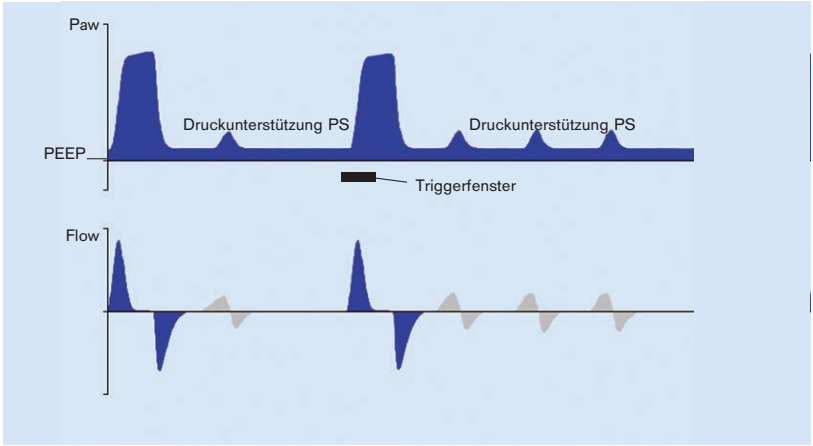
Während der Spontanatmung auf PEEP-Niveau kann der Patient mit Hilfe von PS druckunterstützt werden.



D-41-2010

Abb. 44: Mögliche Beatmungseinstellungen

!	
Alarmgrenze f_{spon} patientenspezifisch einstellen >	Die Triggerempfindlichkeit kann eingestellt werden Volumengarantie ist immer aktiviert



D-42-2010

Abb. 45: PC-MMV

Erweiterte Beatmungseinstellung

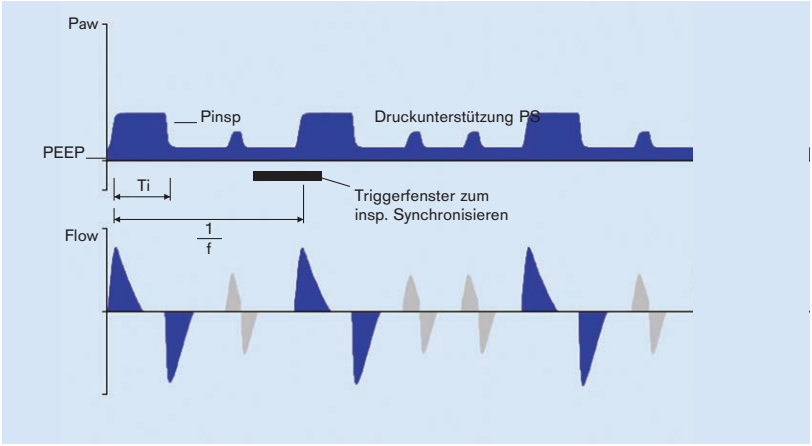
DRUCKUNTERSTÜTZTE BEATMUNG (PS) (PRESSURE SUPPORT)

– druckunterstützt
– patientengetriggert
– flowgesteuerte Beatmungshübe (Abb. 46)

Mit PS werden die spontanen Atemanstrengungen des Patienten unterstützt. Dabei wird jede erkannte spontane Einatemanstrengung auf PEEP-Niveau mit dem Druck ΔP_{supp} unterstützt. PS kann bei einigen Beatmungsmodi aktiviert werden.

Der Patient bestimmt dabei den Anfang und die Dauer der Druckunterstützung. Die Höhe der Druckunterstützung ist bei jedem Atemzug konstant und wird durch ΔP_{supp} festgelegt.

Auch bei PS kann die Druckanstiegsgeschwindigkeit durch den Einsteller Rampe oder Flow (Neonatalbeatmung) festgelegt werden.



D-21-2010

Abb. 46: PC-SIMV mit druckunterstützter Beatmung (Pressure Support)

Nomenklatur-Vergleich

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		$BIPAP_{assist}$/ $PCV+_{assist}$		BIPAP/ PCV+	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

Glossar

AF	AutoFlow
C	Compliance
CPAP	Continuous Positive Airway Pressure
E	Exspiration
f	Frequenz
FiO_2	Fraction of Inspired Oxygen
I	Inspiration
Kompens.	Kompensation
MAPhf	Mean Airwaypressure Highfrequency
MV	Minutenvolumen
NIV	Non-invasive Ventilation
Paw	Airway Pressure
PC	Pressure-Control
PC-AC	Pressure Control-Assist Control
PC-APRV	Pressure Control-Airway Pressure Release Ventilation
PC-BIPAP	Pressure Control-Biphasic Positive Airway Pressure
PC-CMV	Pressure Control-Continuous Mandatory Ventilation
PC-SIMV	Pressure Control-Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation
PC-HFO	Pressure control-High frequency oscillation
PC-MMV	Pressure Control-Mandatory Minute Volume
PC-PSV	Pressure Control-Pressure Support Ventilation
PEEP	Positive End Expiratory Pressure
P_{hoch}	oberes Druckniveau
P_{insp}	Inspirationsdruck
PS	Pressure Support
P_{tief}	unteres Druckniveau
R	Resistance

SPN	Spontaneous
SPN-CPAP/PS	Spontaneous-Continuous Positive Airway Pressure/ Pressure Support
SPN-CPAP/VS	Spontaneous-Continuous Positive Airway Pressure/ Volume Support
SPN-PPS	Spontaneous-Proportional Pressure Support
Te	Exspirationszeit
T_{hoch}	Zeitspanne in der das obere Druckniveau gehalten wird
Ti	Inspirationszeit
T_{tief}	Zeitspanne in der das untere Druckniveau gehalten
Variable PS	Variable Pressure Support
VC	Volume Control
VC-AC	Volume Control-Assist Control
VC-CMV	Volume Control-Continuous Mandatory Ventilation
VC-MMV	Volume Control-Mandatory Minute Volume
VC-SIMV	Volume Control-Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation
VG	Volumengarantie
VT	Tidalvolumen
ΔP_{supp}	einstellbare Druckunterstützung

Referenzen

[1] McPherson SP; Respiratory therapy equipment.
Saint Louis: C.V. Mosby Company, 1977

[2] Downs JB, Klein EF Jr, Desautels D, Modell JH, Kirby RR;
Intermittent mandatory ventilation: a new approach to weaning patients from mechanical ventilators. Chest. 1973 Sep;64(3):331-335

[3] Cairo JM, Pilbeam SP. Mosby's respiratory care equipment. 7th edition.
St. Louis. Mosby, Inc., 2004

UNTERNEHMENSZENTRALE
Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck, Deutschland

www.draeger.com

Hersteller:
Dräger Medical GmbH
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck, Deutschland

Ab August 2015:
Dräger Medical GmbH ändert sich in Drägerwerk AG & Co. KGaA.

DEUTSCHLAND
Dräger Medical ANSY GmbH
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck
Tel 0800 882 882 0
Fax 0451 882 720 02
dsc@draeger.com

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

SCHWEIZ
Dräger Schweiz AG
Waldeggstrasse 30
3097 Liebefeld
Tel +41 58 748 74 74
Fax +41 58 748 74 01
info.ch@draeger.com

90 66 354 | 15.02-7 | Communications & Sales Marketing | PP | LE | Printed in Germany |
Chlorfrei – umweltfreundlich | Änderungen vorbehalten | © 2015 Drägerwerk AG & Co. KGaA