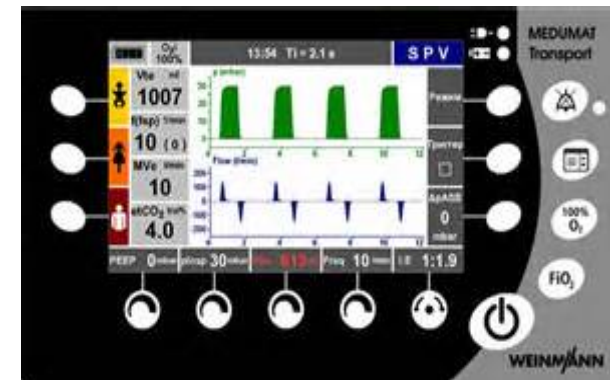




Beatmung im Rettungsdienst

Beatmung im Rettungsdienst:

- Grundlagen
- Begriffe
- Steuerprinzipien
- Komplikationen der invasiven Beatmung
- Lungenprotektion
- NIV



Vorraussetzungen für eine ausreichende Oxygenierung und CO₂-Elimination:

- Ausreichende Ventilation (alveolär)
- Ausreichende Perfusion aller Lungenareale
- Ungestörte Diffusion der Atemgase

Die Atemgrößen:



FRC =
Residualvolumen und
Expiratorisches
Reservevolumen.

Das Atemminutenvolumen:

- Hauptstellgröße der Ventilation
- Man unterscheidet Ventilation (AMV) und alveoläre Ventilation (AMV_A)
- $AMV = AZV \times AF$
- Alveoläre Ventilation = $AMV - \text{Totraumvolumen } (V_D)$

Das Totraumvolumen:

- Belüftete Lungenbereiche die nicht am Gasaustausch teilnehmen
- Man unterscheidet zwischen anatomischem und physiologischem V_D
- Der physiologische Totraum variiert (Rechts-Links-Shunt)
- Der anatomische Totraum kann berechnet werden
- ca. 2ml/kgKG (IBW)

Das Alveoläre Minutenvolumen (AMV_A):

- $AMV_A = (V_T - V_D) \times AF$
- Der anatomische Totraum ist eine konstante Größe
- Daher ändert sich der prozentuale Anteil des anatom. V_D bei verändertem V_T
- Folglich bedeutet nicht jede AMV Erhöhung auch eine Erhöhung der alv. Ventilation
- Beispiel: Patient 180cm groß; ca. 80kg IBW; V_D ca. 160ml

12 x 1000ml = AMV 12000ml; $V_D = 1920$ ml; $AMV_A = 10080$ ml

35 x 400ml = AMV 14000ml; $V_D = 5600$ ml; $AMV_A = 8400$ ml

Ventilations-Perfusionsverhältnis:

- Ist der Quotient aus alveolärer Ventilation und pulmonaler Perfusion
- Beträgt beim Erwachsenen normalerweise etwa 0,8 (Ventilation ca. 4,0L/Min; Perfusion etwa 5,0L/Min)
- Ist nicht in allen Lungenabschnitten gleich
- Abhängig von der Schwerkraft (Im stehen ↑ basale Perfusion bei ↑ apikaler Ventilaton)
- Die Perfusion kann der Belüftung angepasst werden und umgekehrt

Pulmonaler Rechts-Links-Shunt:

Alveolärer Totraum

- Ein Teil der Alveolen wird belüftet, aber nicht (oder vermindert) durchblutet
- Es wird nicht ausreichend Blut oxygeniert
- Es kommt zu einem Abfall des p_aO_2 und einer Steigerung des p_aCO_2
- ggf. Rekrutierung verschlossener Kapillaren durch \uparrow Perfusionsdruck
- Evtl. durch Vasodilatoren beeinflussbar

Pulmonaler Rechts-Links-Shunt:

Funktioneller Shunt

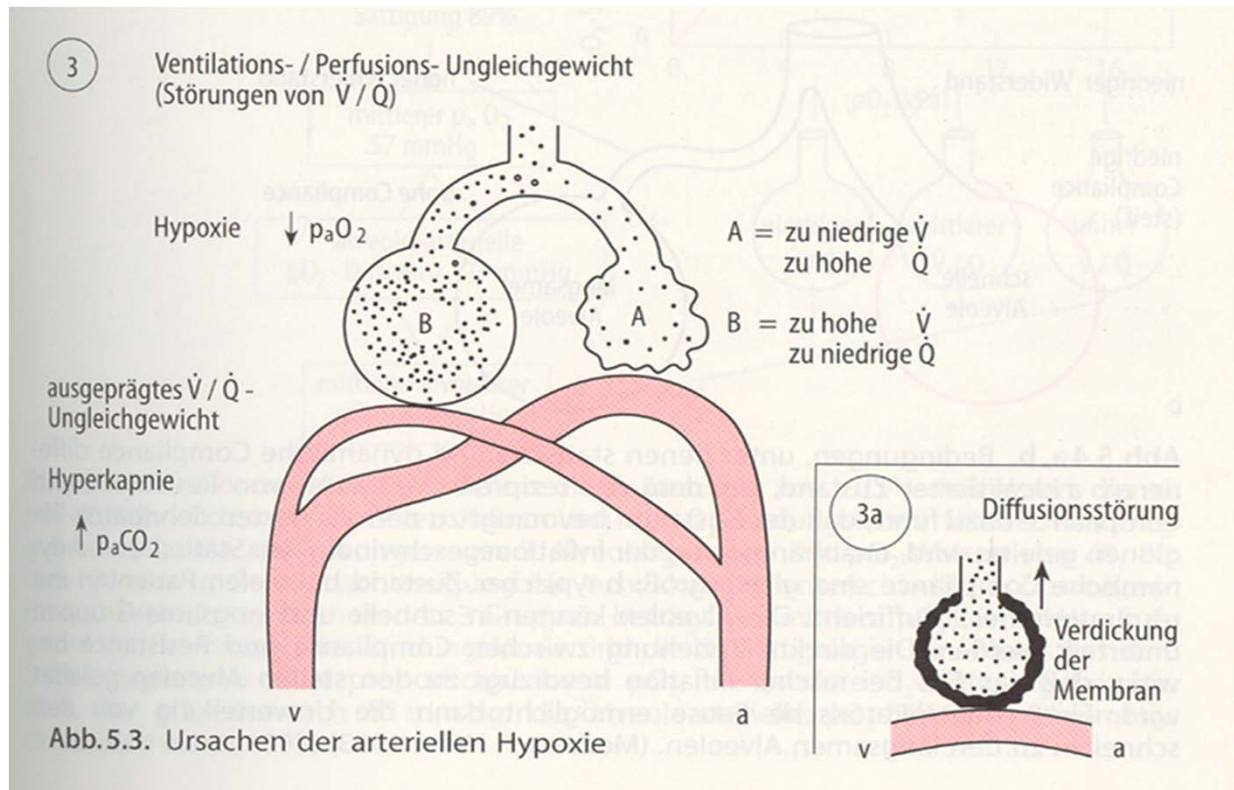
- Ein Teil der Alveolen wird umblutet, aber nicht belüftet
- Das Blut dieser Areale bleibt ungesättigt mit O₂
- Es wird dem gesättigten Blut beigemischt (↓ Gesamtsauerstoffgehalt)
- Meist mit normalem p_aCO₂, da die übrigen Abschnitte hyperventiliert werden
- Kann durch O₂ Gabe um 10-20% beeinflusst werden

Pulmonaler Rechts-Links-Shunt:

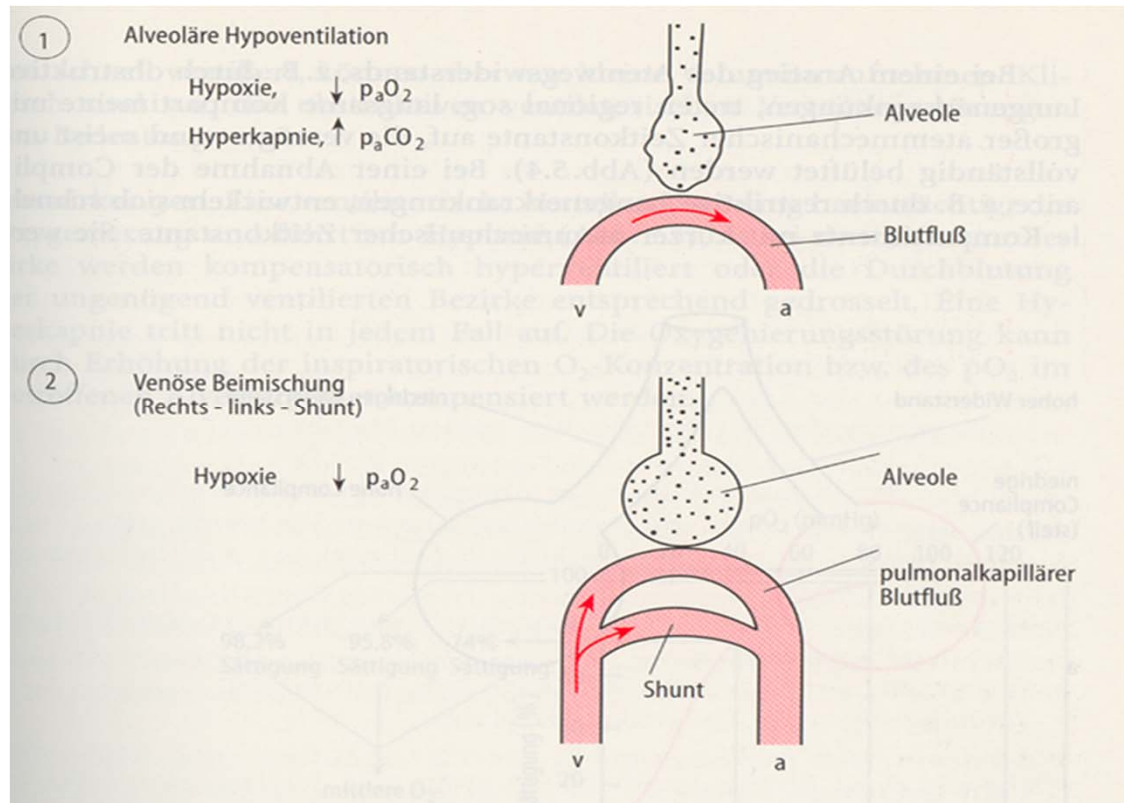
Anatomischer Shunt

- Wird auch Extraalveolärer Shunt genannt
- Der Teil des HZV, der unter physiologischen Bedingungen die Alveolen umgeht
- Z.B. Vv. Thebesii, Bronchialarterien, oder pulmonal arteriovenöse Anastomosen
- Macht ca. 2-5% des HZV aus
- Kann durch die Gabe von Sauerstoff kaum beeinflusst werden

Ventilations-Perfusionsverhältnis:



Ventilations-Perfusionsverhältnis:



Ventilations-Perfusionsverhältnis:

Euler-Liljestrand-Reflex

- Auslöser: Abfall des alveolären pO_2 (alveoläre Hypoxie) oder des $SvpO_2$
- Folge: Konstriktion der die Alveolen versorgenden Blutgefäße (<1mm Durchmesser)
- Schlecht belüftete Lungenareale erhalten weniger Blut (PAP steigt)
- Wird hypoxische (reflektorische) pulmonale Vasokonstriktion (HPV) genannt
- Eine Hyperkapnie verstärkt diesen Reflex (Gegensätzlich zum Körperkreislauf)
- Ziel: Reduktion des Rechts-Links-Shunts

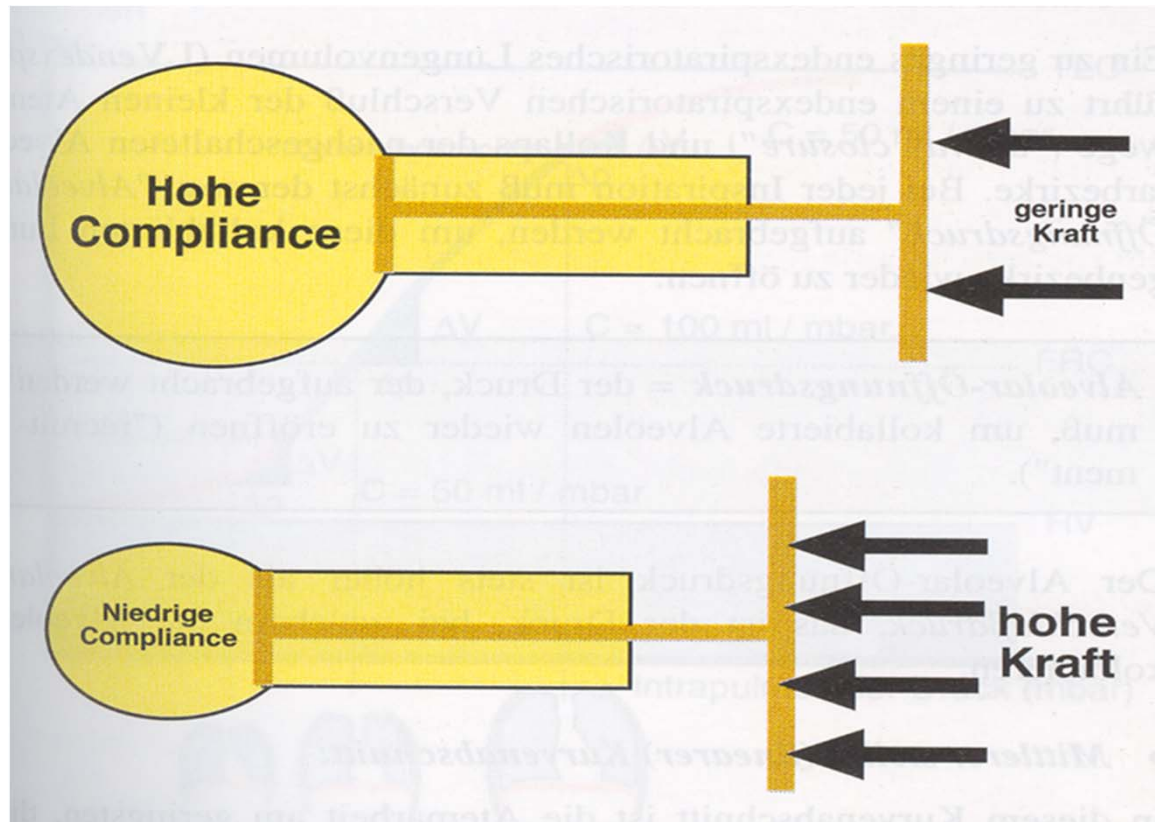
Compliance:

- Gibt die elastischen Widerstände an, die bei der Atmung überwunden werden müssen (Volumendehnbarkeit des Atemapparates)
- Compliance (C): Volumen pro Druck
- Normalerweise 0,1l/mbar
- Berechnung: $V_T : (P_{\text{peak}} - \text{PEEP})$ bzw. $V_T : \Delta P$

Compliance:

- Gute (hohe) Compliance = mehr Volumen bei geringerem Druck
- Schlechte (niedrige) Compliance = weniger (gleiches) Volumen bei ↑ Druck
- Kehrwert ist die Elastance (Steifigkeit)

Compliance:



Compliance:

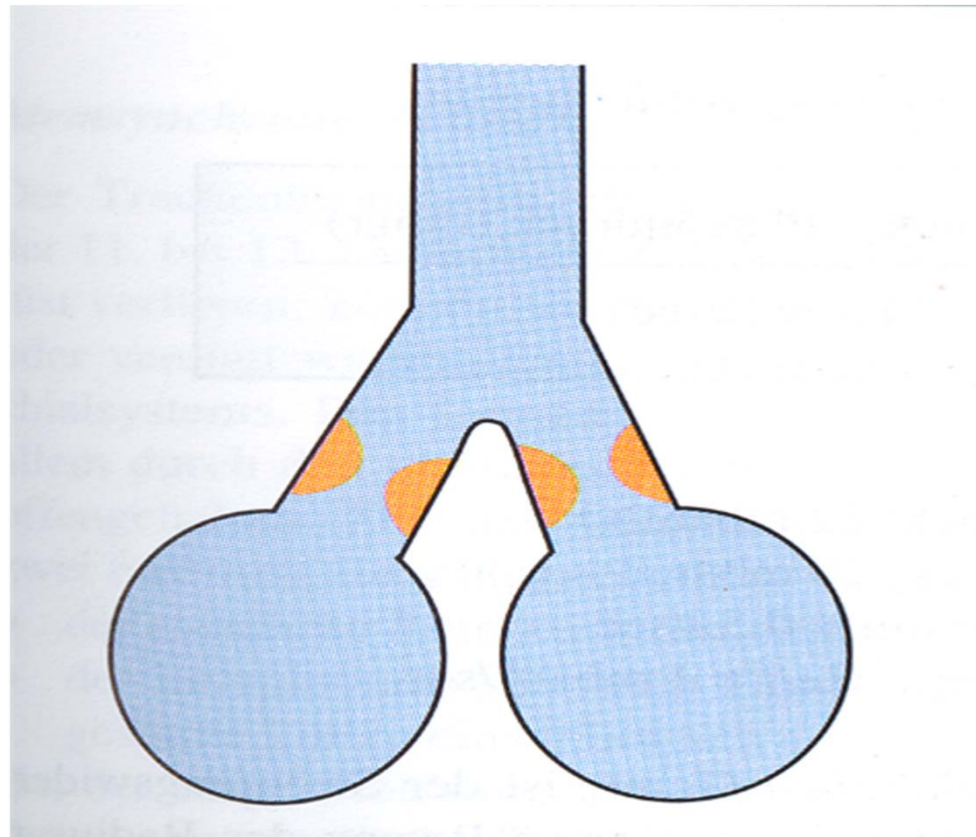
Mögliche Ursachen für eine verminderte Compliance:

- Lageänderung (Bauchlagerung, etc.)
- „Pressen“ gegen die Beatmung; Mangelnde Analgesie oder Sedierung
- Lungenfibrose, ARDS, etc.
- Hämatothorax, Pneumothorax,
- Falsch gewählter PEEP / Atelektasen

Resistance:

- Atemwegswiderstand bei der Ein- und Ausatmung
- Wichtigster Faktor für die Resistance ist das Lumen der Atemwege (Tubus)
- Verhält sich umgekehrt proportional zum Lumen der Atemwege
- 15% eingengte Atemwege verdoppeln die Resistance

Resistance:

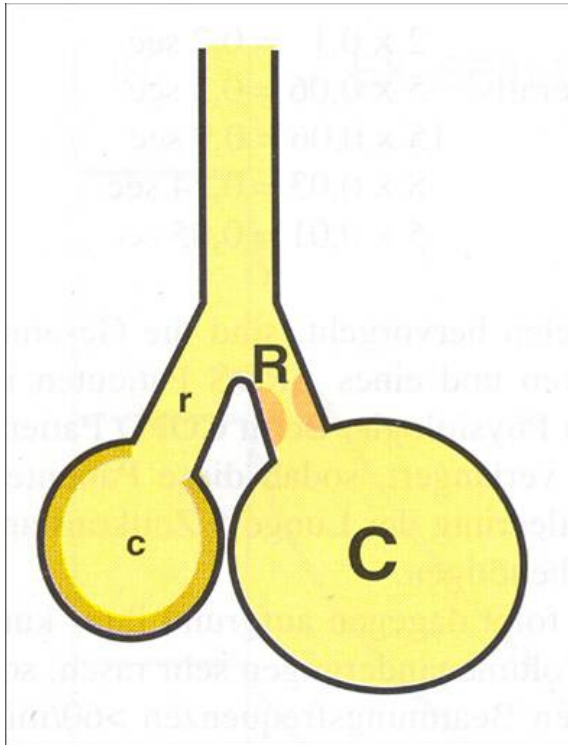


Resistance:

Mögliche Ursachen für eine erhöhte Resistance:

- Geringes Lumen von Tubus oder Trachealkanüle
- Bronchokonstriktion, Schwellung der Trachealschleimhaut
- Sekret oder Fremdkörper
- Verwirbelungen bei hohem Gasfluss

Auswirkungen von Resistance- und Complianceveränderungen:



R: große Resistance
r: kleine Resistance
C: große Compliance
c: niedrige Compliance

Folge:

Nicht alle Lungenkompartimente werden gleich schnell und gleich gut be- und entlüftet.

Atemgase und Atemgasbindung:

- Die Einatemluft ist ein Gasgemisch
- Jede Gasart wird als Fraktion (F) des Gasgemisches bezeichnet (F_i oder F_e)
- Jede Gasfraktion wird, entsprechend ihres prozentualen Anteils, als Dezimalzahl angegeben
- Beispiel: Sauerstoffanteil der Einatemluft 21% = F_iO_2 0,21

Atemgase und Atemgasbindung:

- Jedes Gas übt, seinem prozentualen Anteil entsprechend, einen Teildruck aus
- Der Partialdruck entspricht dem Druck, den die einzelne Gaskomponente bei alleinigem Vorkommen im betreffenden Volumen ausüben würde (Dalton Gesetz)
- Partialdruck = (Gesamtluftdruck – Wasserdampfdruck) x Gaskonzentration
- Beispiel: $P_iO_2 = (760\text{mmHg} - 47\text{mmHg}) \times F_iO_2 0,21 = 149,73 \text{ mmHg}$

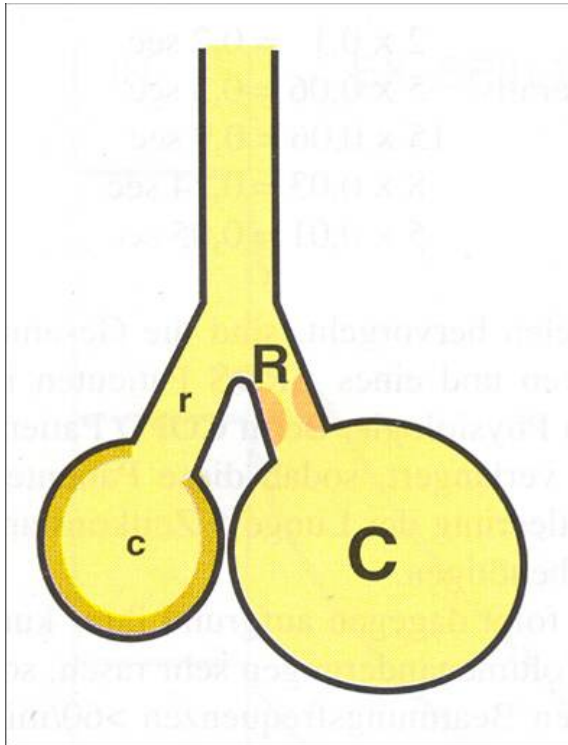
Atemgase und Atemgasbindung:

- Folglich: Inspiratorischer Sauerstoffpartialdruck von ca. 150mmHg
- Alveolärer Sauerstoffpartialdruck (P_AO_2): ca. 100mmHg (Mischung mit FRC)
- Arterieller Sauerstoffpartialdruck (P_aO_2) nach Diffusion: ca. 90mmHg (Shunts)
- Gemischtvenös verbleibt ein Sauerstoffpartialdruck (P_vO_2) von etwa 40mmHg
- Das Partialdruckgefälle zwischen Alveole und Lungenkapillare ist die Grundlage für die Diffusion

PEEP (Positiv Endexpiratory Pressure):

- Bei Spontanatmung am Respirator heißt er CPAP (Continus Postitiv Airway Pressure)
- Verhindert das abfallen des pulmonalen Druckes am Ende der Expiration auf null
- Extrinsic PEEP wird eingestellt und ist konstant
- Intrinsic PEEP entsteht individuell und wird generiert bei:
 - Zu kurzer Expirationszeit
 - Zu hohem V_T
 - Zu hoher AF
 - Oder ungleicher Entleerungsgeschwindigkeit unterschiedlicher Lungenareale

PEEP (Positiv Endexpiratory Pressure):



R: große Resistance
r: kleine Resistance
C: große Compliance
c: niedrige Compliance

Folge:
Nicht alle Lungenkompartimente
werden gleich schnell und gleich
gut be- und entlüftet.

Vorteile eines adäquaten PEEP:

- Erhöhung der FRC
- Verlängerung der Kontaktzeit Gas/Alveole (längere Diffusionszeit)
- Kleinere Diffusionsstrecke (Gegendruck zum interstitiellen Lungenwasser)
- Atelektasenprophylaxe bzw. Recruitment
- Optimierung des Ventilations-Perfusions-Verhältnisses
- Niedrigere F_iO_2 möglich (Sauerstofftoxizität)
- Verhinderung von Atekt-, Volu- und Barotraumen (Lungenprotektive Ventilation)

Nachteile des PEEP:

- Erhöhung des intrathorakalen Drucks
- Behinderung des Rückflusses zum rechten Herzen (hoher ZVD bei gleichzeitig reduzierter rechtskardialer Vorlast)
- Rechtsherzbelastung (erhöhte rechtskardiale Nachlast)
- Reduzierte linkskardiale Vorlast (ggf. RR Abfall / Cave: Organperfusion)
- Nierenfunktionsstörungen
- Erhöhung des intracerebralen Druckes (venöse Stauung)
- Druckerhöhung im Splanchnikusgebiet mit evtl. Stauungsgastritis, Magenblutungen, Oberbauchatonien, etc.
- Pfortaderstauung mit ggf. Eiweißsynthesestörungen und Gerinnungsstörungen

Bezeichnungen:

P_i :	Inspirationsdruck
ΔP :	Druckveränderung zur aktiven Gasverschiebung
V_T :	Tidalvolumen
V_{Ti} :	inspiratorisches Tidalvolumen
V_{Te} :	expiratorisches Tidalvolumen
T_i :	Inspirationszeit
T_e :	Expirationszeit
I:E:	Zeitverhältnis Inspiration zu Expiration
P_{peak} :	Spitzendruck während der Inspiration
P_{plat} :	Plateaudruck während der inspiratorischen Pause
Flow:	Geschwindigkeit mit der das Gas verabreicht wird (l/Min)

Je größer der Flow, desto schneller wird das Tidalvolumen erreicht. Umso größer sind aber auch mögliche Gasverwirbelungen (Resistance)

Trigger:

Schaltelement das Inspirationsbemühungen des Patienten erkennt und es ihm ermöglicht einen Atemhub aus zu lösen.

Drucktrigger: Bei Erreichen eines bestimmten Druckes unter PEEP (CPAP) im Beatmungssystem (1-3mbar)

Flowtrigger: Erzeugung eines konstanten Gasflusses (Flow) während der Atempause. Der zurück fließende Gasfluss ist gleich, solange der Patient nicht einatmet. (2-4l/Min)

Volumentrigger: Bei Erreichen eines festgelegten Volumens

Trigger:

- Heute ist bei jedem Intensivrespirator zumindest das Atemwegsventil, während der Pause geöffnet und ermöglicht dem Pat. die Spontanatmung (Achtung: nicht bei einfachen Transportrespiratoren)
- Es sollte immer ein Trigger eingestellt sein
- Durch einen sensitiveren Trigger kann man dem Pat. die Spontanatmung erleichtern (tägl. Spontanatemversuch, Delayreduzierung, Synchronisierung, Dystrophierte Atemmuskulatur)
- **Kein Weaning durch erschwertes antriggern des Respirators!!!!**

Expirationstrigger:

- Dient der Synchronisation mit der Expiration (assistierte Beatmung)
- Meist Flowgesteuert
- Wird auch zur Erleichterung / Ermöglichung der Spontanatmung am genutzt
- Beispiel: E_{sens} (B840): Angabe in Prozent.

Sobald der Flow bis auf die angegebenen Prozent, unter den Spitzenfluss ($_{\text{peak}}\text{Flow}$) abfällt, erkennt der Respirator die beginnende Expiration. (Hilfreich bei Über- oder Unterkompensation)

Flowmuster:

akzelerierender Flow:

Kontinuierlicher Anstieg der Strömungsgeschwindigkeit.

dezelerierender Flow:

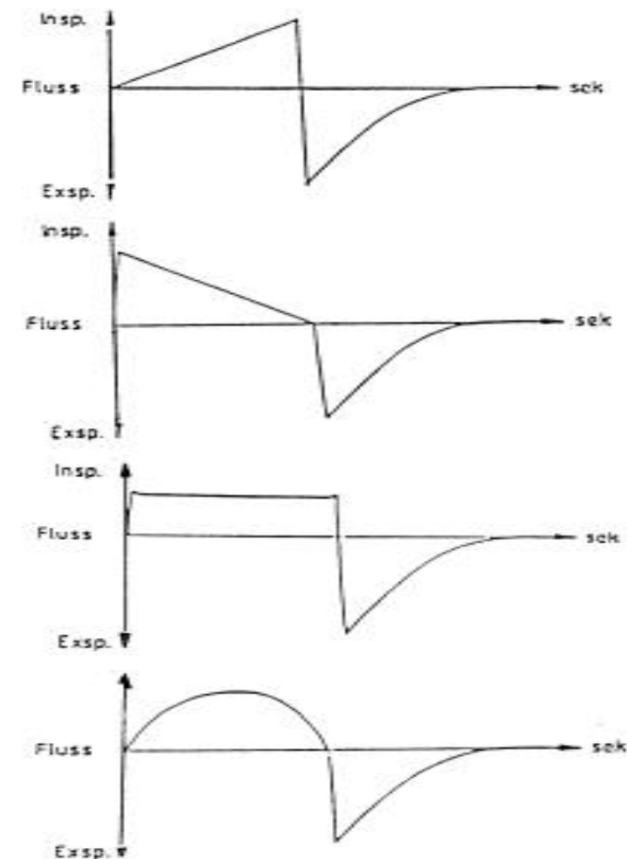
Hohe Strömungsgeschwindigkeit zu Beginn. Fällt kontinuierlich ab.

konstanter Flow:

Gleich bleibende Strömungsgeschwindigkeit während der gesamten Inspiration (Rechteckflow)

Sinusflow:

An- und absteigende Strömungsgeschwindigkeit



Flow:

- Bei druckkontrollierten Beatmungsformen grundsätzlich dezelerierender Flow
- Bei hohem Flow rasches Erreichen des V_T (kurze Inspirationszeit möglich)
- Hoher Flow kann Verwirbelungen verursachen (schlechte Verteilung, hoher P_{peak})
- Bei niedrigem Flow ist meist die Verteilung in der Lunge besser (längere T_i)
- Mindestflow 2 - 3 x AMV
- Höherer Flow bei „Lufthunger“ und Spontanatmung
- Bei manchen Respiratoren kann man die Zeit bis zum Erreichen des Spitzenflow einstellen (Anstiegszeit in Prozent oder „Rampe“)

Maschinelle Beatmung:

- Grundsätzlich ist nichts unphysiologischer (invasiver) als eine (Überdruck-) Beatmung
- Es kommt zur unphysiologischen Druckumkehr (thorakaler Überdruck während der Inspiration)
- Auch bei der maschinellen Beatmung ist die Inspiration der „aktive“ Anteil
- Die (passive) Expiration kann daher nur bezüglich ihrer Dauer beeinflusst werden
- Gleiche Beatmungsformen haben, je nach Hersteller, unterschiedliche Bezeichnungen
- Man unterscheidet folgende Beatmungsformen:
 - Kontrollierte (mandatorische)
 - Assistierte (augmentierte / unterstützende)
 - Spontanatmung

Kontrollierte Beatmung:

- Mandatorisch = Mandat übernehmen
- Mögliche Bezeichnungen: IPPV, PLV, PCV, CMV,
- Ohne PEEP = ZEEP (Zero-Endexpiratory-Pressure) oder IPPV
- Mit PEEP = CPPV (Continuous-Positive-Pressure-Ventilation)
- IRV (Inversed-Ratio-Ventilation) = umgekehrtes I:E (keine eigene Beatmungsform)
- Mit eingestelltem Trigger handelt es sich um eine Kontrolliert / assistierte Beatmungsform

Vorteile einer kontrollierten Beatmung:

- Reduzierter Sauerstoffbedarf (keine Atemarbeit)
- Bessere Oxygenierung (Beatmungsoptimierung)
- Erschöpfte Atemmuskulatur kann sich erholen
- Ausreichende CO₂ – Elimination kann ermöglicht werden

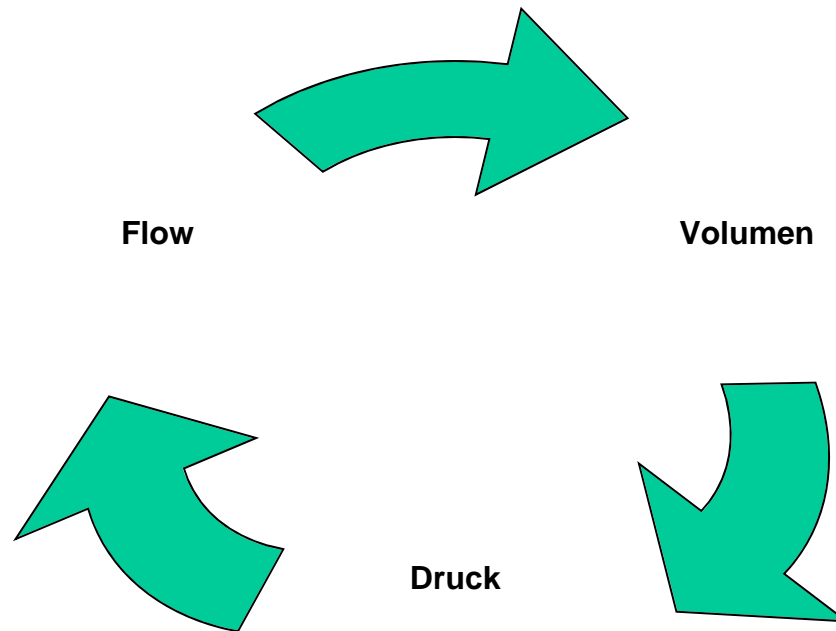
Nachteile einer kontrollierten Beatmung:

- Dystrophie der Atemmuskulatur
- Verlängertes Weaning
- Längere Verweildauer auf der Intensivstation
- Iatrogene Schädigung durch die Beatmung
- Erhöhte Gefahr von Infektionen (VAP)
- Meist nur unter Analgo-Sedierung möglich

Steuerprinzipien:

- Man unterscheidet die kontrollierten Beatmungsformen nach ihren Steuerprinzipien
- Jedem Respiator stehen inspiratorisch nur drei Parameter zur aktiven Gasverschiebung zur Verfügung
- Diese bedingen sich immer gegenseitig, da sie zueinander im Verhältnis stehen
- Bestimmen die Kriterien, nach denen der Respiator von Inspiration auf Expiration umschaltet

Steuerprinzipien:



Steuerprinzipien:

- Druck-Zeit-Steuerung
- Volumen-Zeit-Steuerung
- Volumensteuerung (Zeiteinstellung über AF, V_T , Flow, Flowmuster, Plateau)

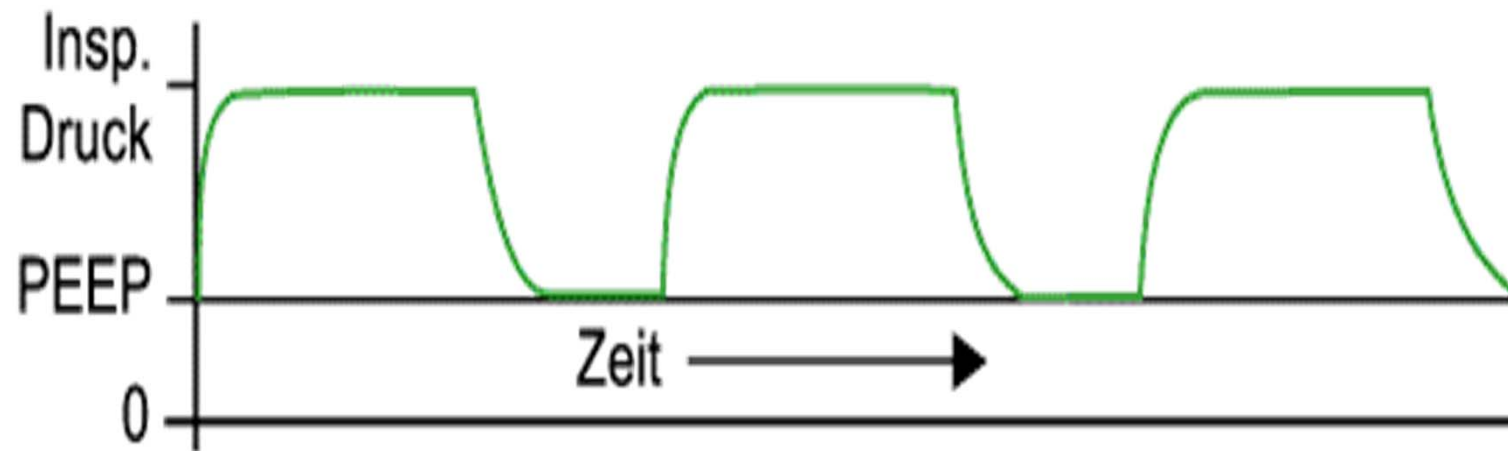
Steuerprinzipien:

- Das Steuerprinzip legt *konstante* Parameter fest, welche sich nicht verändern (Ausser in Alarmsituationen)
- Alle anderen Parameter ergeben sich daraus und können bei jedem Atemzug variieren (*inkonstante Parameter*)

Druck-Zeit-Steuerung:

- Fest eingestellter intrathorakaler Druck für eine fest eingestellte Zeit
- Danach absenken des Druckes auf ein festgelegtes Niveau (passive Exsp.)
- Konstant:
 - Zeit (I:E; AF; T_i ; T_e)
 - Druck (P_i ; ID; P_{max} ; etc.)
- Inkonstant:
 - V_T
 - AMV
 - Flow
- Eine Besonderheit stellen Beatmungsformen mit Volumengarantie dar
- Mögliche Bezeichnungen: DKV; PCV; AC/PC; CPPV; etc

Druck-Zeit-Steuerung:



Druck-Zeit-Steuerung:

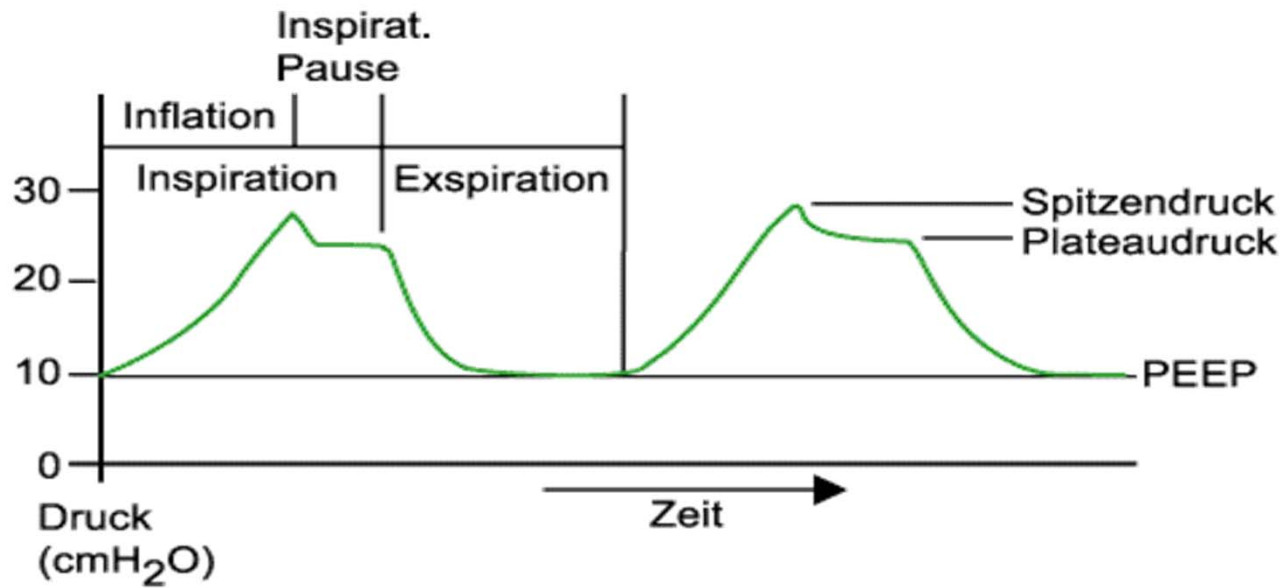
Medumat Transport:

- PCV (Pressure Controlled Ventilation)
- $P_{\text{insp}} = P_{\text{peak}}$
- $\Delta P = P_{\text{peak}} - \text{PEEP}$
- Zeitsteuerung über AF und I:E
- Kein Trigger

Volumen-Zeit-Steuerung:

- Fest eingestelltes Volumen wird, mit einem festgelegten Flow und Flowmuster, über einen festgelegten Zeitraum verabreicht
- Danach öffnen des Expirationsventils und passive Expiration
- Bei zu hoch gewähltem Flow und fester T_i entsteht ein Plateau (Now-Flow-Phase)
- Konstant:
 - Zeit (I:E; AF; T_i ; T_e ; Flow)
 - V_T und AMV (ausser bei übergeordnetem Alarm)
 - Flowmuster
 - Plateau
- Inkonstant: - Druck
- Mögliche Bezeichnungen: CMV; VK; VC; VC+; VKV

Volumen-Zeit-Steuerung:



Volumen-Zeit-Steuerung:

Medumat Transport

- IPPV
- Mit PEEP CPPV
- Kein Trigger
- Flowtrigger kann zugeschaltet werden
- Dann S-IPPV (Synchronized Intermittend Positive Pressure Ventilation)
- Zeitsteuerung über AF und I:E

Volumen-Zeit-Steuerung:

Medumat Transport

- PRVC (Pressure Regulated Volume Controlled)
- Kein Trigger
- Flowtrigger kann zugeschaltet werden
- ASB ist möglich
- Zeitsteuerung über AF und I:E
- Fest vorgegebenes V_T mit dezelerierendem Flow
- Bei Änderung von C oder R Druckanpassung in kleinen Schritten (Alarmgrenze)

Cave: Unerkannte Verschlechterung der pulmonalen Situation möglich

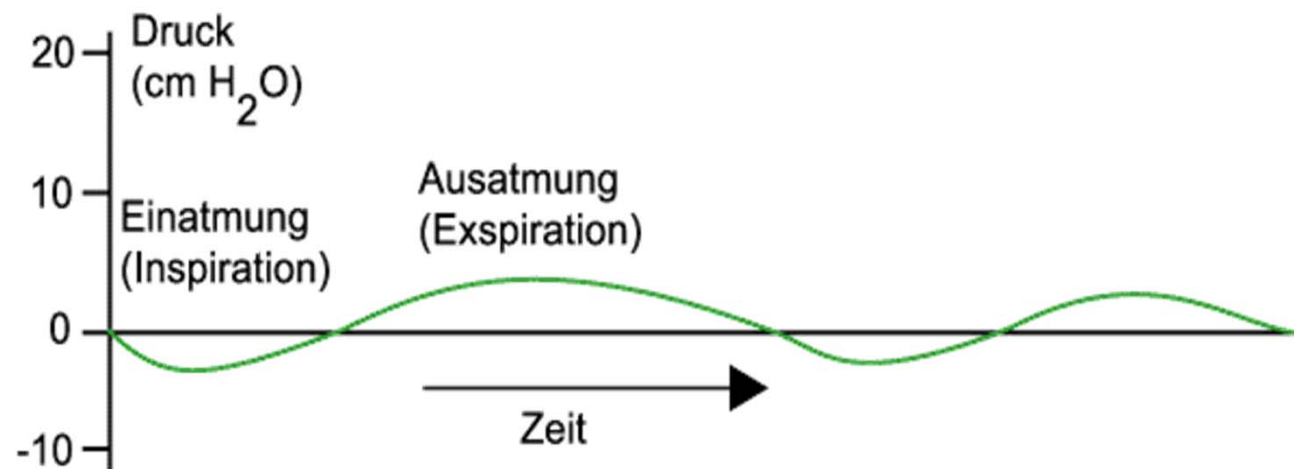
Volumensteuerung:

- Fest eingestelltes V_T
- Das I:E wird durch die fest einstellbaren Parameter AF, Flow, Plateau, Flowmuster und V_T definiert
- Das I:E ist also das Ergebnis der anderen Einstellungen
- Konstant:
 - I:E (Ergebnis)
 - V_T und AMV
 - Flow und Flowmuster
 - Plateau
- Inkonstant: - Druck
- Mögliche Bezeichnungen: CMV; VK; VC; etc.

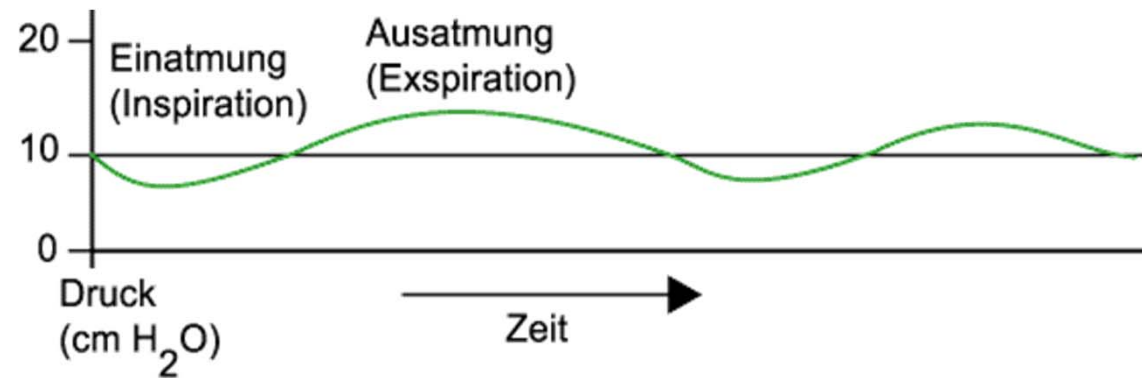
Spontanatmung am Respirator:

- An jedem modernen Respirator kann der Patient spontan atmen
- Gleichzeitig findet eine Überwachung der Spontanatmung statt
- Daher Anpassung der Alarmgrenzen
- Einstellung einer Apnoezeit und einer Apnoeventilation
- Die Triggerfunktion muss aktiviert sein
- Häufigste Form der nicht unterstützten Spontanatmung ist das CPAP
- Es findet keine Druckumkehr während der Inspiration statt

Normale Spontanatmung:



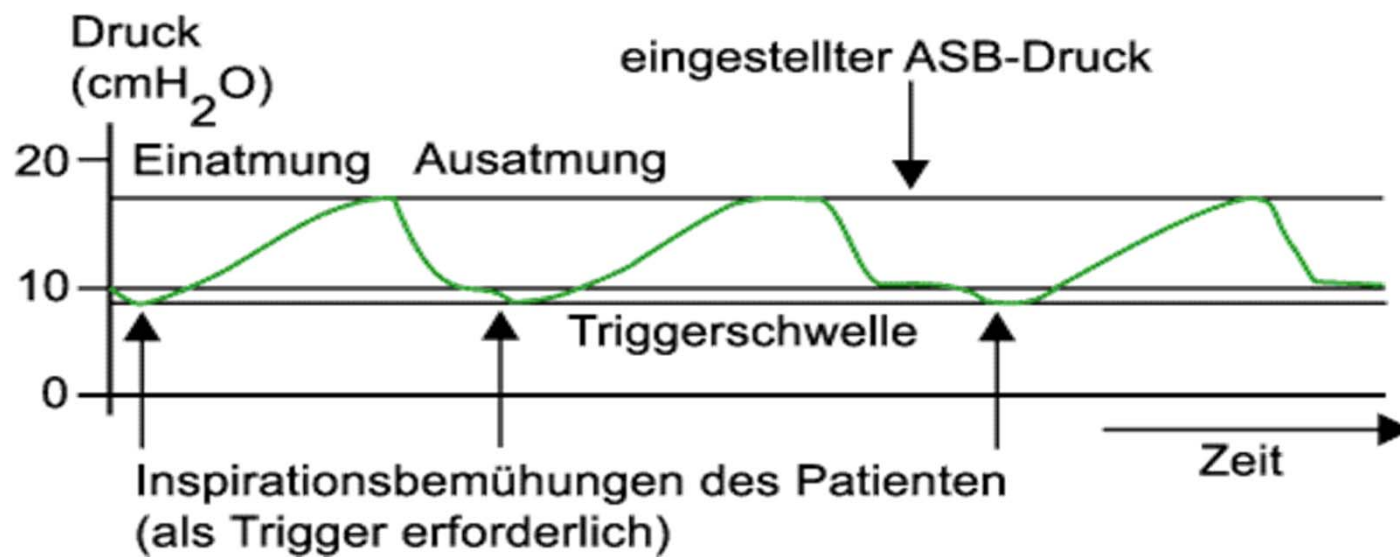
Spontanatmung mit CPAP:



Spontanatmung am Respirator:

- Oft werden Atemhilfen eingesetzt
- Diese können ebenfalls Druck-, Volumen- oder Floworientiert sein
- Bereits dadurch unphysiologische Druckumkehr in der Inspiration
- Immer Gefahr der Über- oder Unterkompensation
- Über Trigger und Expirationstrigger kann man diese minimieren und Respirator und Patient besser synchronisieren
- Beispiele:
 - ASB = Assistent Spontaneous Breathing (Hilfsdruck)
 - PS = Pressure Support
 - VU = Volumenunterstützung
 - TC = Tubuscompensation
- Eine Besonderheit stellen dynamische Unterstützungen dar, die durch regelmäßige Messung der Atemarbeit des Patienten versuchen adaptiert zu unterstützen (z.B. PAV)

CPAP mit Druckunterstützung:



Spontanatmung am Respirator:

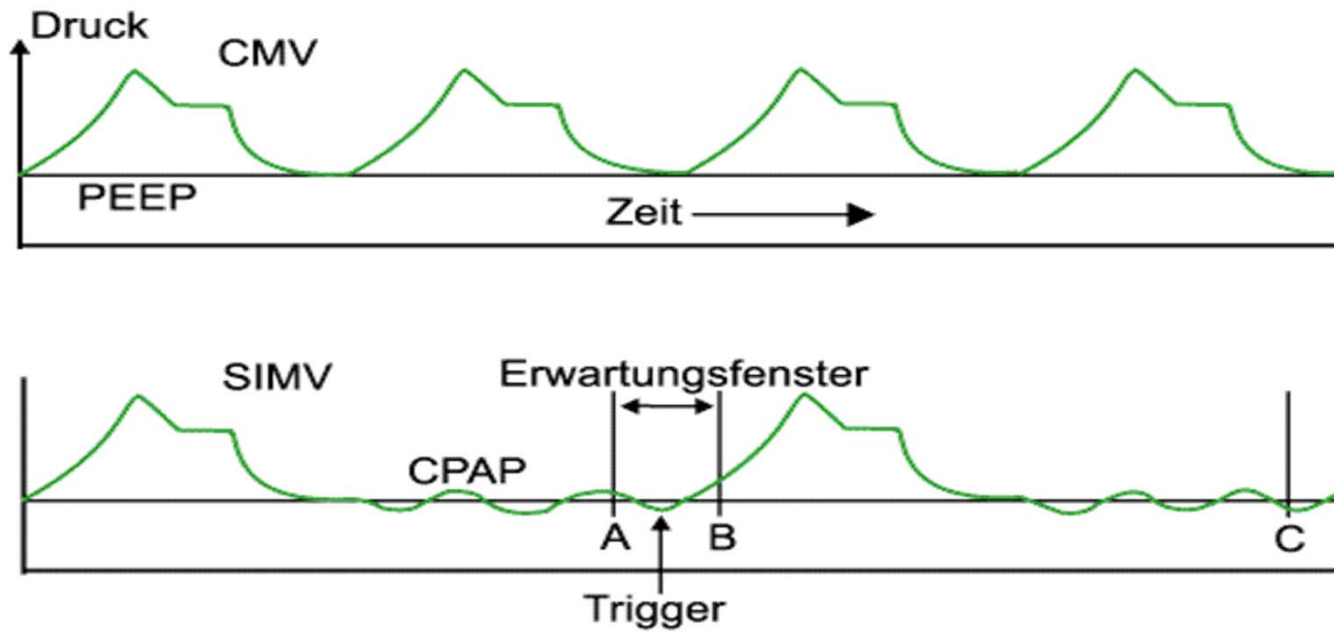
Medumat Transport:

- CPAP
- Unterstützung mittels ASB möglich
- Bezeichnung Δp ASB oder Δ ASB
- Flowtrigger (automatisch aktiv)
- Expirationstrigger in % vom Peak-Flow (automatisch aktiv)
- Triggerschwelle kann im Menü (Erweiterte Parameter) eingestellt werden
- Apnoeventilation und Apnoezeit können eingestellt werden (aktivieren!)

Assistierte Beatmung (Mix-Ventilation):

- Voraussetzung ist die Synchronisation mit der Spontanatmung des Patienten
- Es wird eine Mindestatemfrequenz im gewünschten Steuerungsprinzip festgelegt
- Vor dem mandatorischen Hub liegt ein Erwartungszeitfenster
- Triggert der Patient den Respirator in diesem an, wird der Beatmungshub vorgezogen (Synchronisiert)
- Je nach Ventilator und Beatmungsart ist auch die Expiration synchronisiert
- Zwischen den eingestellten Beatmungshüben kann der Patient spontan atmen
- Die Spontanatmung kann vom Gerät unterstützt werden (ASB, etc.)
- Häufigste Mix-Ventilation ist SIMV (Synchronized Intermittend Mandatory Ventilation)

Assistierte Beatmung (Mix-Ventilation):



Assistierte Beatmung (Mix-Ventilation):

- Es kann jederzeit zur Hypo- aber auch Hyperventilation kommen
- Möglicherweise Asynchronität zwischen Respirator und Patient
- Achtung bei eingestelltem konstanten I:E und Weaning über die AF
- Achtung bei Geräten mit SIMV Hintergrundfrequenz (EVITA)
- Alarmgrenzen adaptieren

Assistierte Beatmung (Mix-Ventilation):

Medumat Transport

- SIMV
- Volumen-Zeit-Steuerung
- Zeitsteuerung durch AF und I:E
- ASB kann zugeschaltet werden
- Trigger sind automatisch aktiv

IPPVassist (Dräger Oxylog 300)

bzw.

S-IPPV (Medumat Transport):

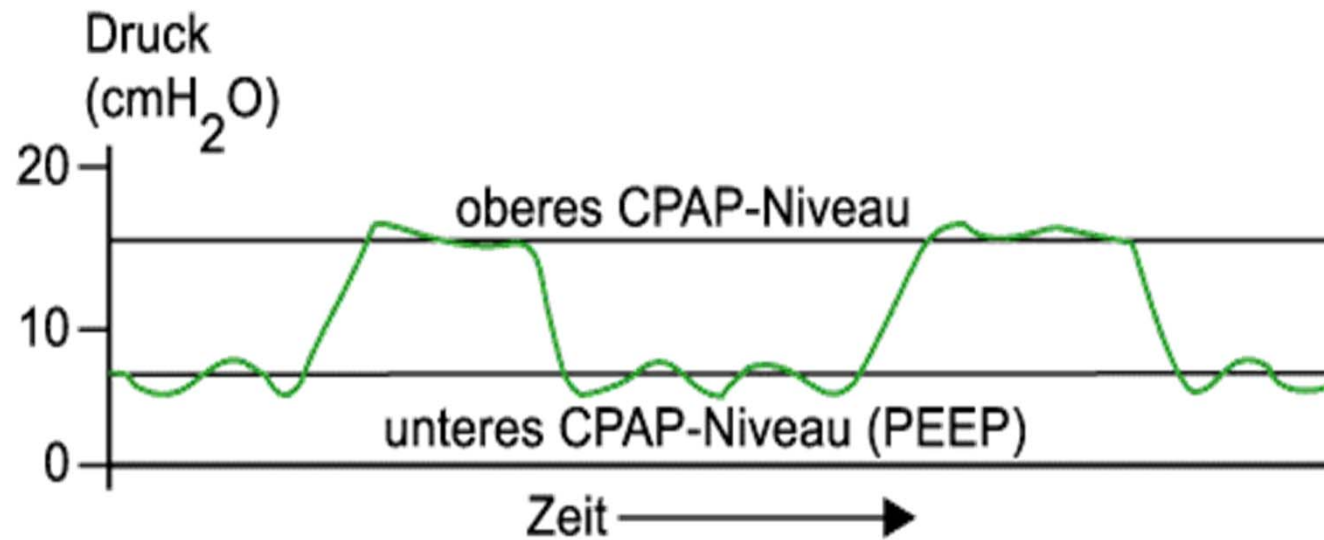
- Kontrollierte Beatmung, bei der der Patient das Gerät in den Atempausen antriggern kann (Trigger wird zugeschaltet)
- Jede erkannte Spontanatmung löst einen mandatorischen Beatmungshub aus

Cave: Hyperventilation

BIPAP (BILEVEL):

- BIPAP = Bilevel Intermittent Positive Airway Pressure)
- Grundsätzlich mit einer Druckkontrollierten Beatmung vergleichbar
- Wechsel zwischen zwei vorgegebenen Druckniveaus für eine festgelegte Zeit
- Anheben und Absenken des Drucklevels wird mit dem Patienten synchronisiert
- Spontanatmung ist auf jedem Druckniveau möglich
- Je nach Hersteller kann die Spontanatmung auf beiden Druckniveaus, oder auch nur auf dem unteren unterstützt werden (z.B. ASB)
- Die Hersteller nutzen andere Nomenklaturen als bei anderen Beatmungsformen
- Der obere Druckwert ist gleich mit dem $P_{\text{peak}} / P_{\text{max}}$

BIPAP (BILEVEL):



Vorteile von BIPAP (BILEVEL):

- Oft wenig bis keine Sedierung erforderlich
- Bessere Toleranz durch den Patienten
- Erhaltung der Spontanatmung (Atemmuskulatur)
- In der ursprünglichen Variante hohe CPAP / PEEP Werte, bei Reduzierung der Nachteile, möglich

Alarmgrenzen:

- Alle modernen Respiratoren bieten Alarmgrenzen für V_T ; AF; AMV; P_{max} ; Apnoe an
- Man sollte die Alarmgrenzen je nach Steuerungssystem adaptieren
- In jedem Fall sollte frühzeitig eine Minderventilation erkannt werden
- Aber auch Veränderungen die zu iatrogenen Schäden führen, sollten frühzeitig einen Alarm auslösen
- Es gibt Alarmer mit informativem Charakter (z.B. Atemfrequenz)
- Andere Alarmer haben zusätzlich eine limitierende Komponente
- Z.B. P_{max} Alarm bei Volumenkontrollierter Beatmung führt zum Abbruch der Inspiration und damit zur nicht vollständigen Abgabe des eingestellten V_T

Gefahren der Beatmung: Fakt!!



„A Ventilator is a killing
Machine...“

Gefahren der Beatmung:

iatrogene Schädigung der Lunge (VALI)

- Pulmonales Barotrauma
- Pulmonales Volutrauma
- Atelektrauma
- Sauerstofftoxizität
- Verschlechterung des pulmonalen Gasaustausches
- Respiratorassoziierte Pneumonie (VAP)
- Beeinträchtigung der Atemmuskulatur

Gefahren der Beatmung:

Iatrogene Schädigung anderer Organsysteme

- Cardio-vaskuläre Auswirkungen (veränderte Druckverhältnisse)
- Beeinträchtigung der Organperfusion
- Cerebrale Druckerhöhung
- Intraabdomineller Druckanstieg (Stauungsleber, etc.)
- Gerinnungsstörungen
- Komplikationen durch notwendige Analgosedierung

Gefahren der Beatmung:

Folgen

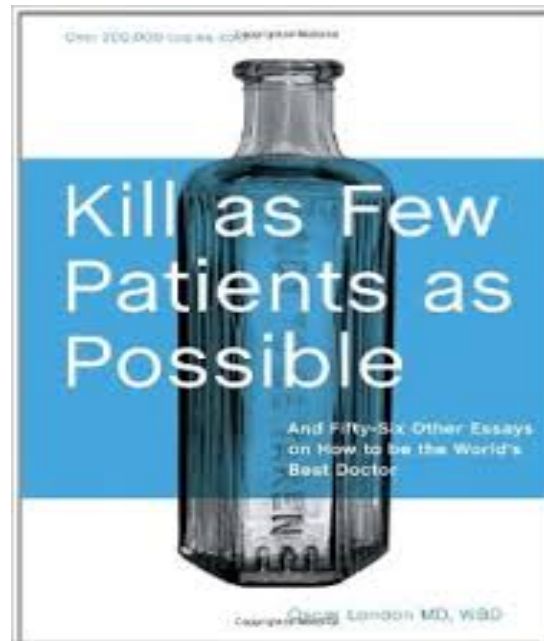
- Längere Verweildauer auf der Intensivstation
- Klinikaufenthalt verlängert sich
- Erschwertes Weaning
- Größere Komplikationsrate
- Schlechteres Outcome
- Höhere Mortalität

Gefahren der Beatmung: Fakt!!



„A Ventilator can be a protective device....if properly set...“

Gefahren der Beatmung: Ziel!!!



Lungenprotektive Beatmung:

➤ Empfohlen werden folgende Einstellungen zur Lungenprotektion:

V_T : 4-6ml/kg KG (IBW)

AF: 12-16 / Min

ΔP : ≤ 15 mbar

P_{peak} : ≤ 30 mbar (teilweise bis 35mbar)

PEEP: ≥ 8 mbar (best PEEP)

Lungenprotektive Beatmung: Neuerungen

- PEEP Trial heute mit intratrachealer Sonde möglich
- FRC Messung über Auswaschverfahren (z.B. Stickstoff)
- PEEP Adaption über Messung des Ösophagealen- oder des Blasendrucks
- Messung des transpulmonalen Druckes (Höhere Drücke möglich)
- Ggf. vermehrter Einsatz von extracorporalen Lung assist devices
- Messung der Potentialänderungen am Diaphragma (Synchronisation)

Niv (Non Invasiv Ventilation)



NIV:

- Fast alle Intensivrespiratoren können heute auch NI beatmen
- Manche bieten sogar eine extra Umstellung auf Maskenbeatmung an
- Diese verändert aber meist nur die Alarmschwellen
- Nicht jedes Beatmungsgerät ist für NIV zugelassen
- Reine NIV Respiratoren dürfen nicht zur invasiven Ventilation benutzt werden
- Leckagen der Maske werden vom Gerät ausgeglichen (AZV beachten)
- Man verwendet Nasenmasken, Mund-Nasen-Masken, Ganzgesichtsmasken und Helme

NIV:



Indikationen für NIV:

- Resp. Insuffizienz (insbesondere hyperkapnisches Lungenversagen)
- COPD
- Kardiales Lungenödem
- Pneumonie
- Verletzungen und Operationen am Thorax
- Nach Langzeitbeatmung
- Schwächung / Erschöpfung der Atemmuskulatur

Vorraussetzungen für NIV:

- Kooperativer Patient
- Vorhandene Schutzreflexe
- Dicht sitzende, angepasste Maske
- Möglichkeit zur Intubation und invasiven Beatmung ist vorhanden
- Engmaschige Überwachung
- Möglichkeit für Atemtraining und Prophylaxen in den „freien“ Intervallen
- NIV geeigneter Respirator

Vorteile von NIV:

- Nebenwirkungen der Intubation oder Tracheotomie entfallen
- Keine Zeitaufwendige Vorbereitung
- Keine, bzw. nur geringe Sedierung erforderlich
- Fähigkeit zur Kommunikation und Nahrungsaufnahme bleibt erhalten
- Mobilisation möglich

Komplikationen von NIV:

- Druckschäden durch die Maske
- Erhöhte Aspirationsgefahr (Cave: Ösophagusöffnungsdruck 25mbar)
- Undichtigkeiten der Maske mit insuffizienter Beatmung
- Trockene Schleimhäute und evtl. Augen
- Komplikationen durch intrathorakalen Druckanstieg (Rechtsherzbealstung)

Kontraindikation von NIV:

- Unkooperativer (agitierter Patient)
- Fehlende Schutzreflexe
- Nur mit NIV adäquate Ventilation möglich (keine freien Intervalle möglich)
- Regurgitation / erhöhte Aspirationsgefahr (obere GI Blutung z.B.)
- Blutungen in Mund, Nase oder Rachen
- Frakturen des Gesichtsschädels (Helm?)
- Hypoxisches Lungenversagen (relativ / Horowitzindex?)
- Erschöpfung trotz NIV (Tachypnoe, Atemhilfsmuskulatur, hoher RSBI)
- Steigende Hyperkapnie unter NIV trotz Optimierung der Einstellungen

Fragen?

