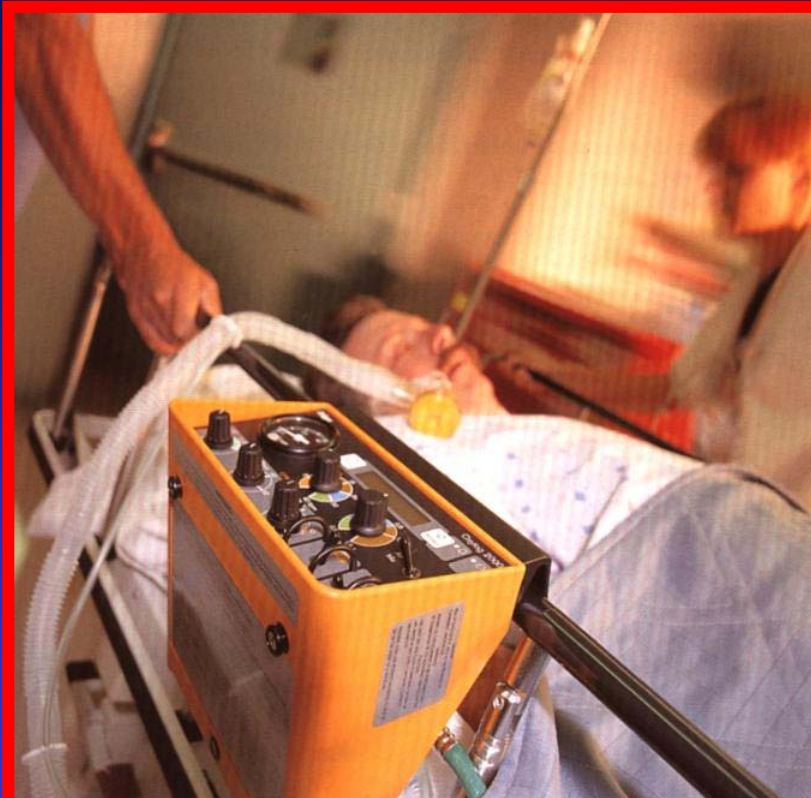


Maschinelle Beatmung im Rettungsdienst



**Ein Vortrag von
Stephan Dönitz**

***Fachkrankenpfleger
Rettungsassistent***

Maschinelle Beatmung im RD



Maschinelle Beatmung im RD



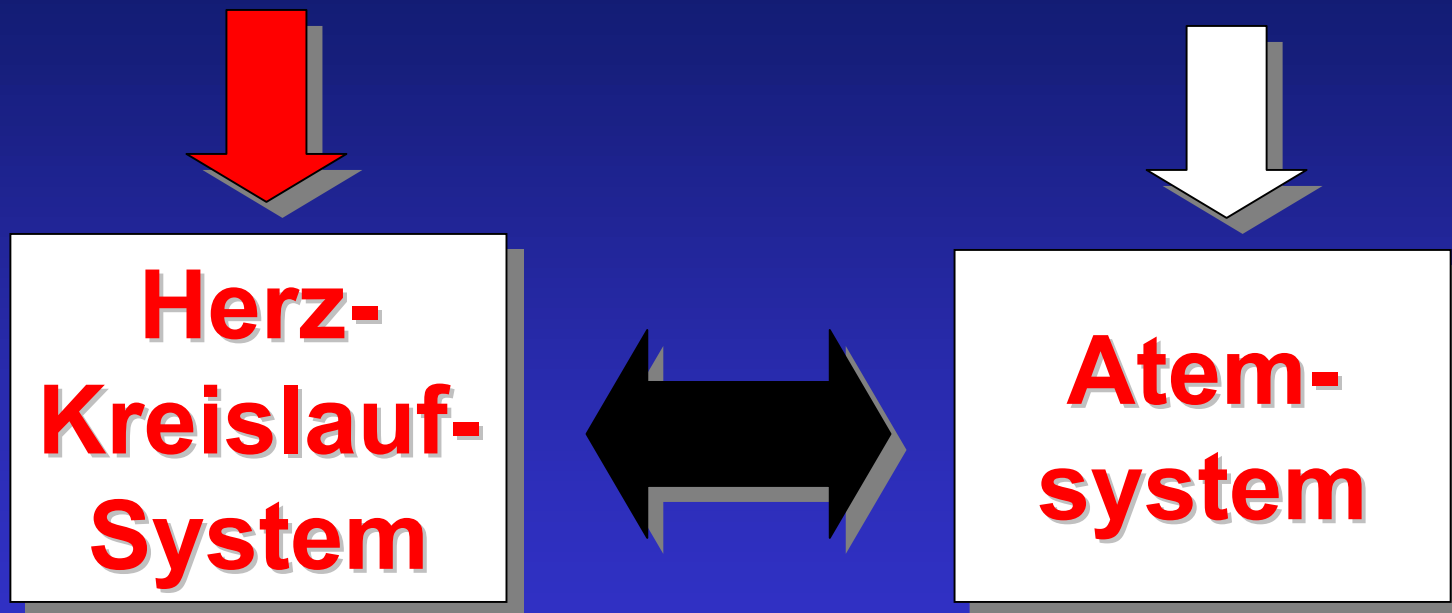
Maschinelle Beatmung im RD

Warum atmen wir?

Das Ziel, welches mit der
Atmung verfolgt wird,
ist der Gasaustausch
mit der Umgebung.

Maschinelle Beatmung im RD

Welche zwei Systeme sind daran beteiligt?



Maschinelle Beatmung im RD

Merke:

- Es ist die Hauptaufgabe von Kreislauf und Atmung, alle Gewebe des Körpers jederzeit mit einer genügenden Menge Sauerstoffs zu versorgen

Maschinelle Beatmung im RD

Die 4 Teilprozesse der Atmung:

- **Ventilation**
- **Verteilung**
- **Diffusion**
- **Perfusion**

Maschinelle Beatmung im RD

Ventilation:

Der Thorax wird im Atemrhythmus soweit vergrößert und wieder verkleinert, dass ein genügend großes Volumen von Luft eingeatmet und wieder ausgeatmet wird.

Maschinelle Beatmung im RD

Verteilung:

Die eingeatmete Luft muss in den Lungen gleichmäßig auf die Hunderte von Millionen an Alveolen verteilt werden.

Maschinelle Beatmung im RD

Diffusion:

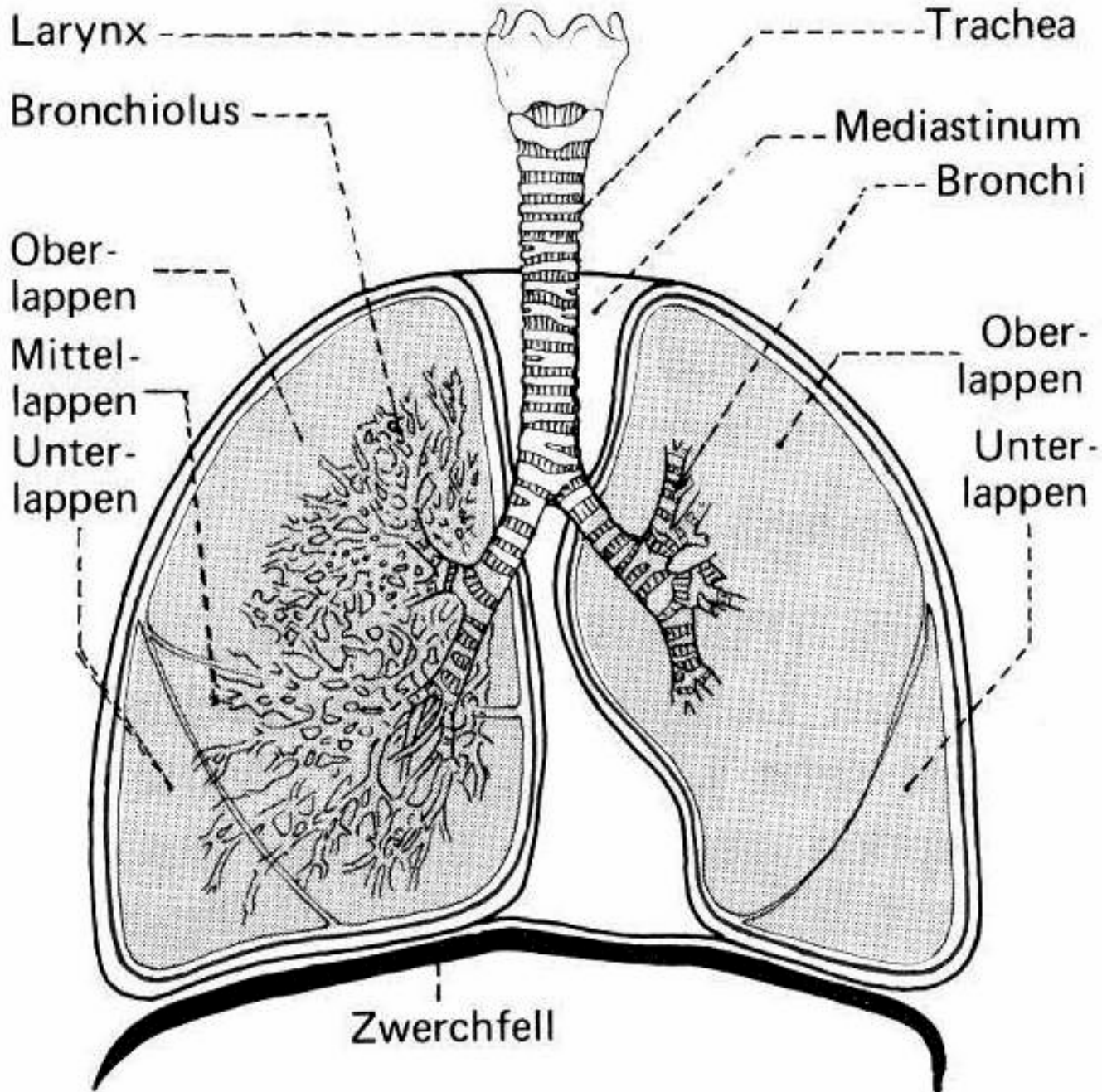
Sauerstoff und Kohlendioxid
gelangen durch die Alveolo-
Kapilläre-Membran.

Dieser Vorgang wird auch
pulmonaler Gasaustausch
genannt.

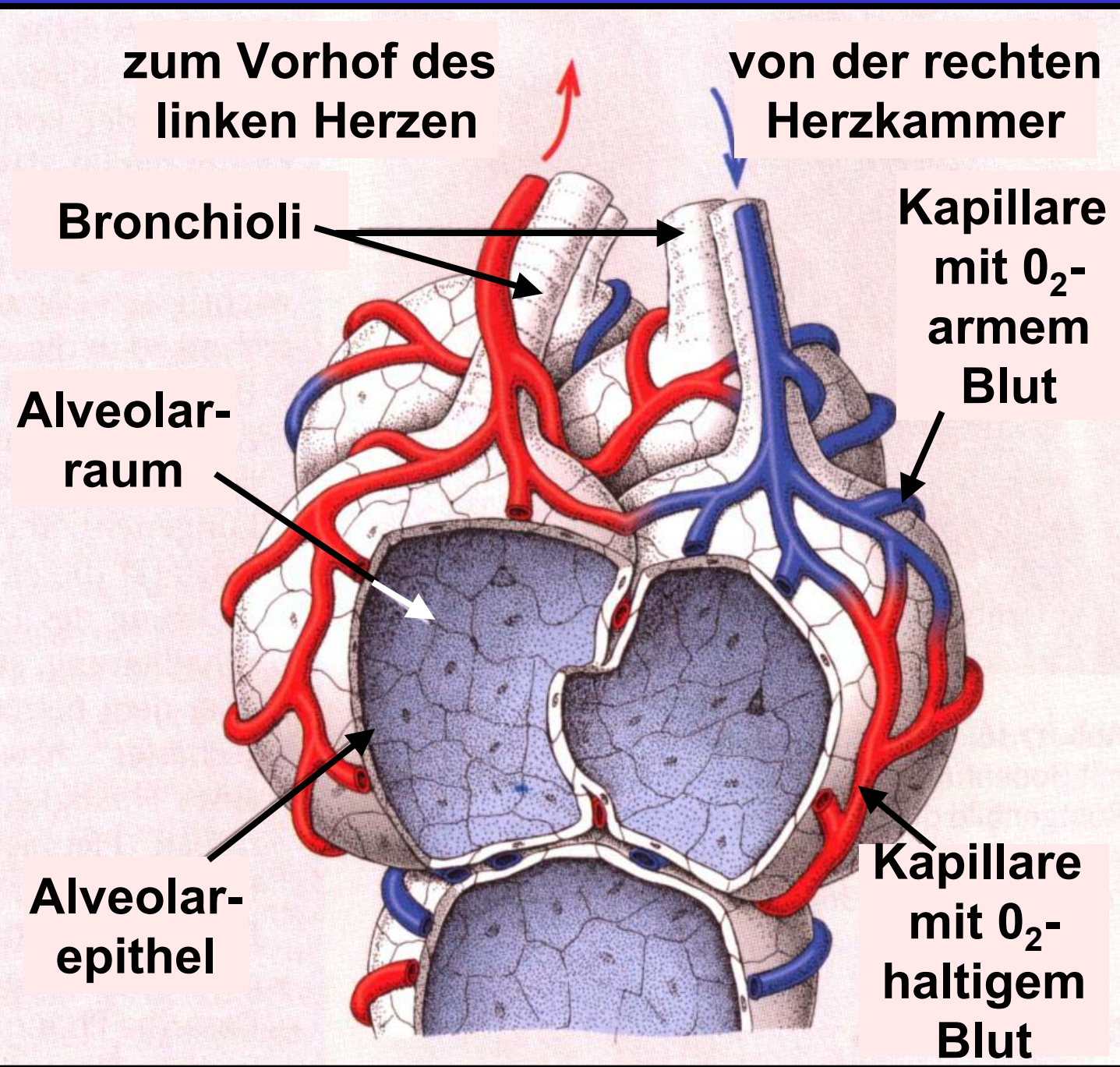
Maschinelle Beatmung im RD

Perfusion:

Der pulmonale kapilläre Blutfluss muss ausreichend sein und das sauerstoffarme Blut muss ausreichend auf alle ventilerten (= belüfteten) Alveolen verteilt werden.



Maschi- nelle Beat- mung im RD



Maschinelle Beatmung im RD

Einige wichtige Lungenvolumina

- Atemzugvolumen (AZV, V_T)
- Funktionelle Residualkapazität (FRC)

Maschinelle Beatmung im RD

Sinn der Funktionellen Residualkapazität:

Die FRC sorgt dafür, dass die beiden Blutgase O_2 und CO_2 während des Atemzyklus relativ konstant bleiben. Außerdem würde ohne die FRC die Lunge während der Expiration kollabieren.

Maschinelle Beatmung im RD

Atemminutenvolumen:

Das Atemminutenvolumen gibt die gesamte Frischluftmenge an, die in einer Minute in die Lunge eingeatmet wird.

$$\text{Atemminutenvolumen (AMV)} = \text{Atemfrequenz (f)} \times \text{Atemzugvolumen (V}_T\text{)}$$

Maschinelle Beatmung im RD

Alveoläre Ventilation:

... ist die Hin- und Herbewegung von Luft zwischen den Alveolen und der Umgebung.

... ist gewissermaßen die Belüftung der Alveolen mit Frischgas (Sauerstoff) und ihre Entlüftung von verbrauchtem Gas (Kohlendioxid).

Maschinelle Beatmung im RD

Einige Normalwerte bei Spontanatmung in Ruhe:

- Atemfrequenz ca. 12 - 16/min.
- Atemzugvolumen ca. 500 ml
(7 ml/kg KG)
- Atemminutenvolumen ca. 6000 ml

Maschinelle Beatmung im RD

Alveoläre Ventilation:

Das wichtigste an der gesamten Ventilation ist die Belüftung der Alveolen, denn nur hier findet der pulmonale Gasaustausch mit dem Blut statt, nicht hingegen in den zuleitenden Atemwegen.

Die Atemwege nehmen nicht am Gasaustausch statt, sie werden deshalb auch als anatomischer Totraum bezeichnet.

Maschinelle Beatmung im RD

Alveoläre Ventilation:

= Atemzugvolumen minus dem
Totraumvolumen.

Totraumvolumen = etwa 150 ml
(ca. 2 ml/kg KG).

Das bedeutet: Von einem Atemzug von 500 ml gelangen nur 350 ml bis in die Alveolen; und nur diese 350 ml nehmen am pulmonalen Gasaustausch teil.

Maschinelle Beatmung im RD

Alveoläre Minutenventilation:

Atemfrequenz x
(Atemzugvolumen minus
Totraumvolumen)

$$V_A = f \times (V_T - V_D)$$

Maschinelle Beatmung im RD

Was sind O_2 - und CO_2 -Partialdrücke?

Die eingeatmete Luft ist ein Gemisch aus mehreren Gasen: Stickstoff, Sauerstoff, Wasser, Kohlendioxid und Edelgase.

Die einzelnen Gase liegen im Luftgemisch nicht nur in unterschiedlicher Konzentration vor, sondern üben auch jeweils einen spezifischen Druck aus, der als Teildruck oder Partialdruck bezeichnet wird.

Maschinelle Beatmung im RD

Was sind O_2 - und CO_2 -Partialdrücke?

Werden diese Teildrücke addiert, so ergibt sich hieraus der Gesamtdruck des Luftgemisches:

Er beträgt gewöhnlich 760 mmHg. Dies ist der Druck der uns umgebenden Atmosphäre (der Luftdruck).

Maschinelle Beatmung im RD

Zusammensetzung der eingeatmeten Zimmerluft auf Meereshöhe:

• Stickstoff	79,0 %; p_{N_2}	600 mmHg
• Sauerstoff	20,9 %; p_{O_2}	159 mmHg
• andere Gase	0,1 %; p	1 mmHg
	<hr/>	<hr/>
	100,0 %	760 mmHg
	<hr/>	<hr/>

Maschinelle Beatmung im RD

Zusammensetzung der nun angefeuchteten Atemluft:

• Stickstoff	74,0 %; p_{N_2}	563 mmHg
• Sauerstoff	19,7 %; p_{O_2}	143 mmHg
• Wasserdampf	6,2 %; p_{H_2O}	47 mmHg
	<hr/>	
	99,9 %	753 mmHg
	<hr/> <hr/>	

Maschinelle Beatmung im RD

Zusammensetzung der Alveolarluft:

• Stickstoff	74,9 %; pN_2 569 mmHg
• Sauerstoff	13,6 %; pO_2 104 mmHg
• Wasserdampf	6,2 %; pH_2O 47 mmHg
• Kohlendioxid	5,3 %; pCO_2 40 mmHg
	<hr/>
	100 % 760 mmHg
	<hr/> <hr/>

Maschinelle Beatmung im RD

Gasaustausch und Partialdruck?

Gase diffundieren aufgrund des Partialdruckgefälles zwischen Alveolen und Blut so lange, bis ein Gleichgewichts-zustand zwischen dem Gas in der Alveolarluft und dem im Blut gelösten Gas eingetreten ist.

Die Gase strömen so lange vom Ort höheren Partialdruckes zum Ort niedrigen Partialdruckes, bis an beiden Orten die Partialdrücke identisch sind.

Maschinelle Beatmung im RD

Respiratorische Insuffizienz

Die Lunge kann das in sie einströmende Blut nicht vollständig mit Sauerstoff aufsättigen (oxygenieren).

Hierdurch entsteht ein Sauerstoffmangel bzw. Abfall des Sauerstoffgehalts im arteriellen Blut.

Maschinelle Beatmung im RD

Respiratorische Insuffizienz

Die respiratorische Insuffizienz kann mit oder ohne Anstieg des arteriellen Kohlendioxidpartialdrucks (paCO_2) einhergehen.

Ein Anstieg des paCO_2 wird als Hyperkapnie bezeichnet.

Maschinelle Beatmung im RD

Respiratorische Insuffizienz

Die respiratorische Insuffizienz kann akut oder chronisch verlaufen.

Die akute respiratorische Insuffizienz tritt rasch auf und geht mit Störungen der Organfunktion einher.

Maschinelle Beatmung im RD

Respiratorische Insuffizienz

Die Ursachen sind vielfältig:

- **primäres Atemversagen aus nichtpulmonalen Gründen**
- **akute Lungenerkrankungen**
- **Obstruktion der Atemwege usw.**

Maschinelle Beatmung im RD

Ursachen Respiratorische Insuffizienz

- **Sedativa, Hypnotika, Analgetika**
- **Schlaganfall**
- **Schädel-Hirn-Trauma**
- **Asthma**
- **Lungenödem**
- **Thoraxtrauma (z. B. Pneumothorax)**

Maschinelle Beatmung im RD

Reaktion des Körpers:

- Tachykardie
- Blutdruckanstieg
- kompensatorische Hyperventilation
- Unruhe
- Angst
- Zyanose

Maschinelle Beatmung im RD

Die arterielle Blutgasanalyse (BGA)

Die arterielle Blutgasanalyse (BGA) ist die wichtigste Methode zur Beurteilung des pulmonalen Gasaustauschs.

Sie dient außerdem zur Verlaufskontrolle der maschinellen Beatmung und der Lungenstörung, die zur respiratorischen Insuffizienz geführt hat.

Maschinelle Beatmung im RD

Das Ziel der maschinellen Beatmung:

Das Ziel jeder Beatmung ist die Beseitigung von Hypoxie und/oder Hyperkapnie (Behandlung der respiratorischen Insuffizienz) und die Vermeidung zusätzlicher Schädigungen wie Barotrauma, kardiovaskuläre Beeinträchtigungen etc.

Maschinelle Beatmung im RD

Unterschied zwischen Spontanatmung und Beatmung:

Spontanatmung: Vergrößerung des Thoraxraums durch Muskelarbeit, im Thorax entsteht gegenüber der Umwelt ein *Unterdruck*, Luft strömt in die Lungen.

Beatmung: Atmungsgas wird durch den Tubus (oder die Trachealkanüle) unter *Überdruck* in die Lungen gepresst.

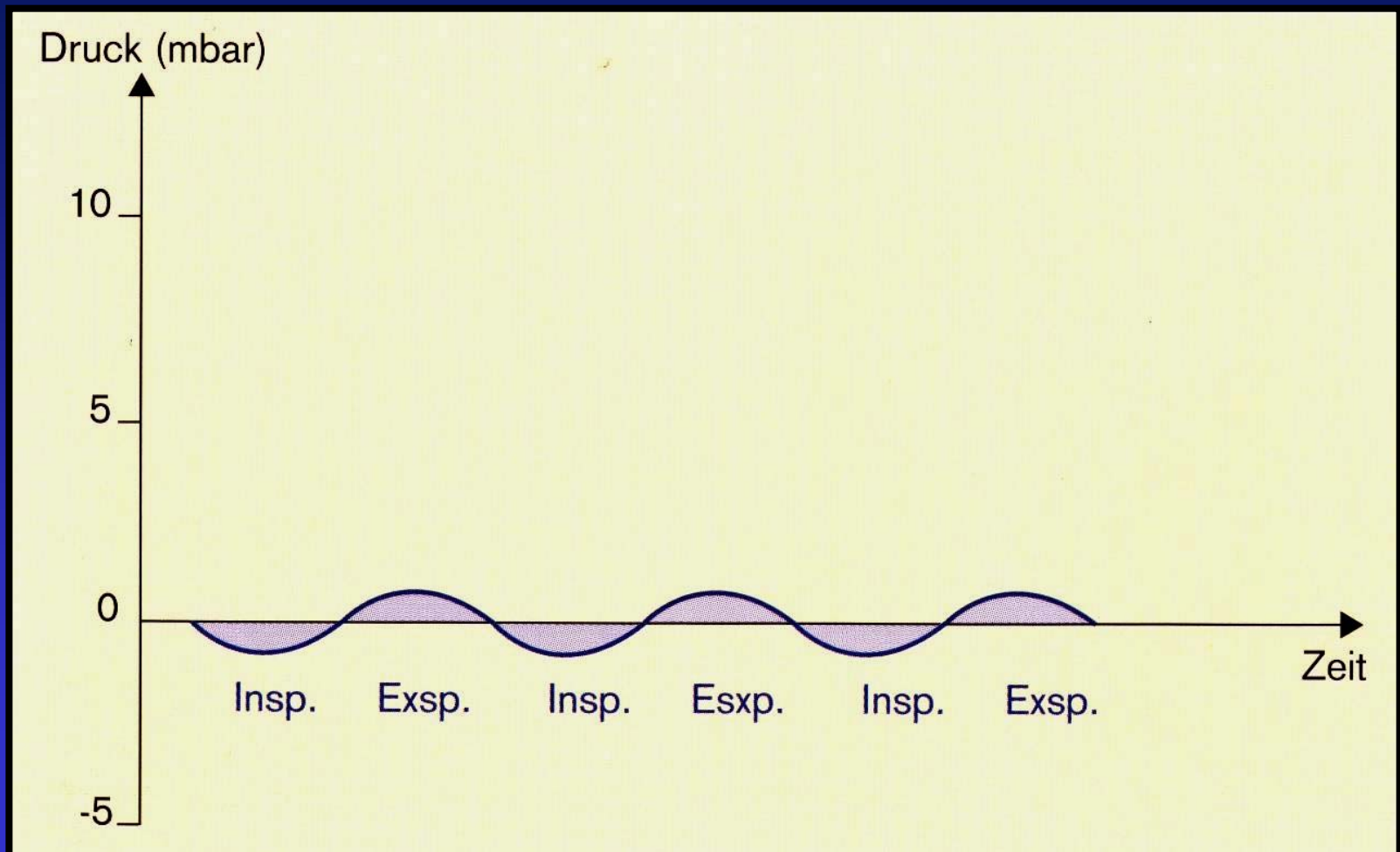
Maschinelle Beatmung im RD

Fazit:

Entscheidend ist also nur das Druckgefälle zwischen Mund und Alveole, für die Belüftung der Lungen ist es egal, ob ein Sog (*Spontanatmung*) oder ein Überdruck (Beatmung) einwirkt.

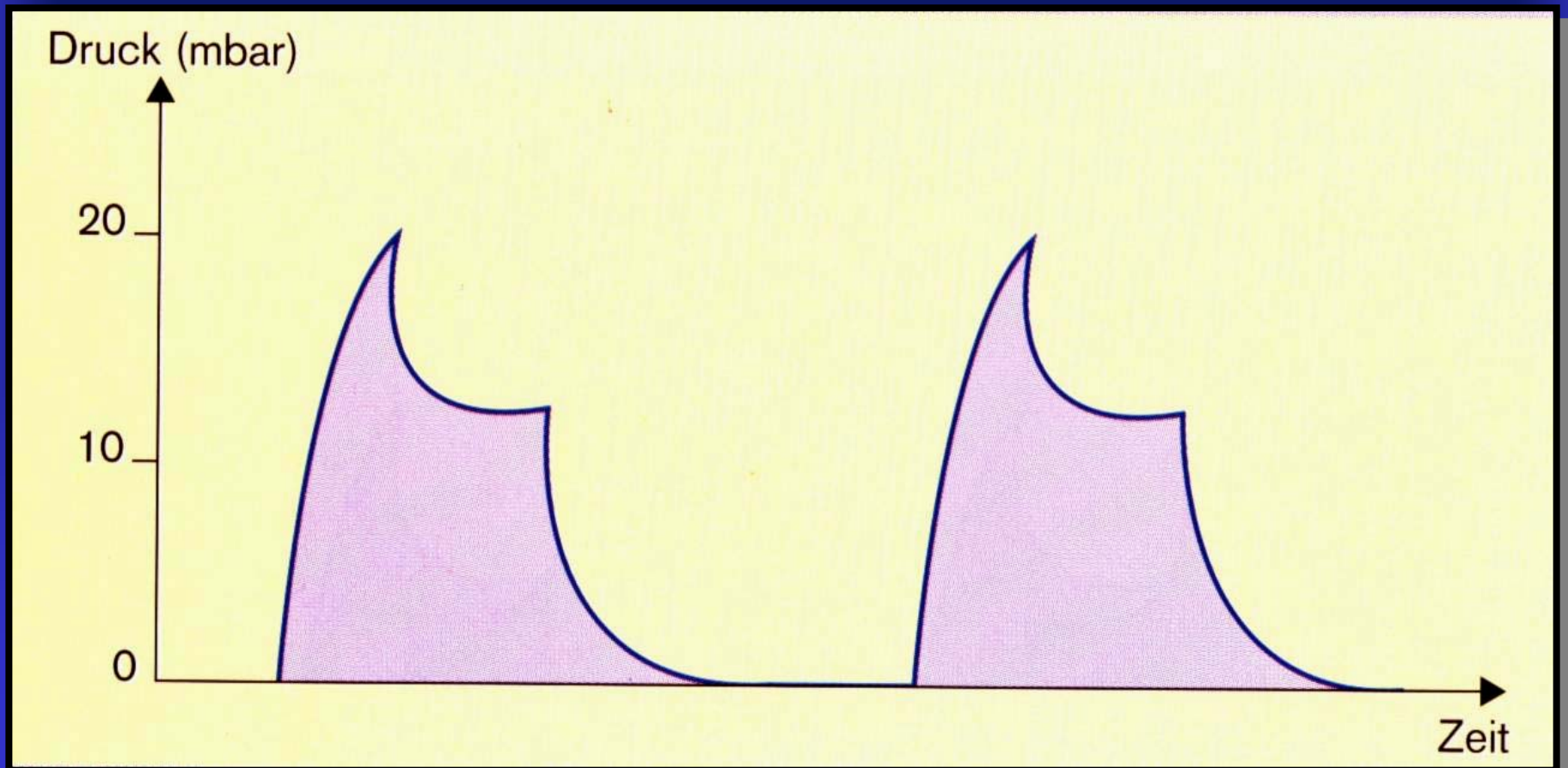
Maschinelle Beatmung im RD

Spontanatmung (Spontaneous breathing)



Maschinelle Beatmung im RD

Überdruckbeatmung = IPPV
(Intermittent **P**ositive **P**ressure **V**entilation)



Maschinelle Beatmung im RD

Merke:

**Der Grundtyp der
Überdruckbeatmung ist IPPV!**

**Oft wird heutzutage IPPV
auch bezeichnet als CMV =
Controlled Mandatory Ventilation
(kontrollierte maschinelle Beatmung).**

Maschinelle Beatmung im RD

Beatmung mit positivem Druck am Ende der
Ausatmung (PEEP):

(IPPV + PEEP = kontinuierliche positive
Druckbeatmung).

Hier wird gegen Ende der Inspiration
ein positiver Druck aufrechterhalten
(Positive End Expiratory Pressure,
PEEP).

Maschinelle Beatmung im RD

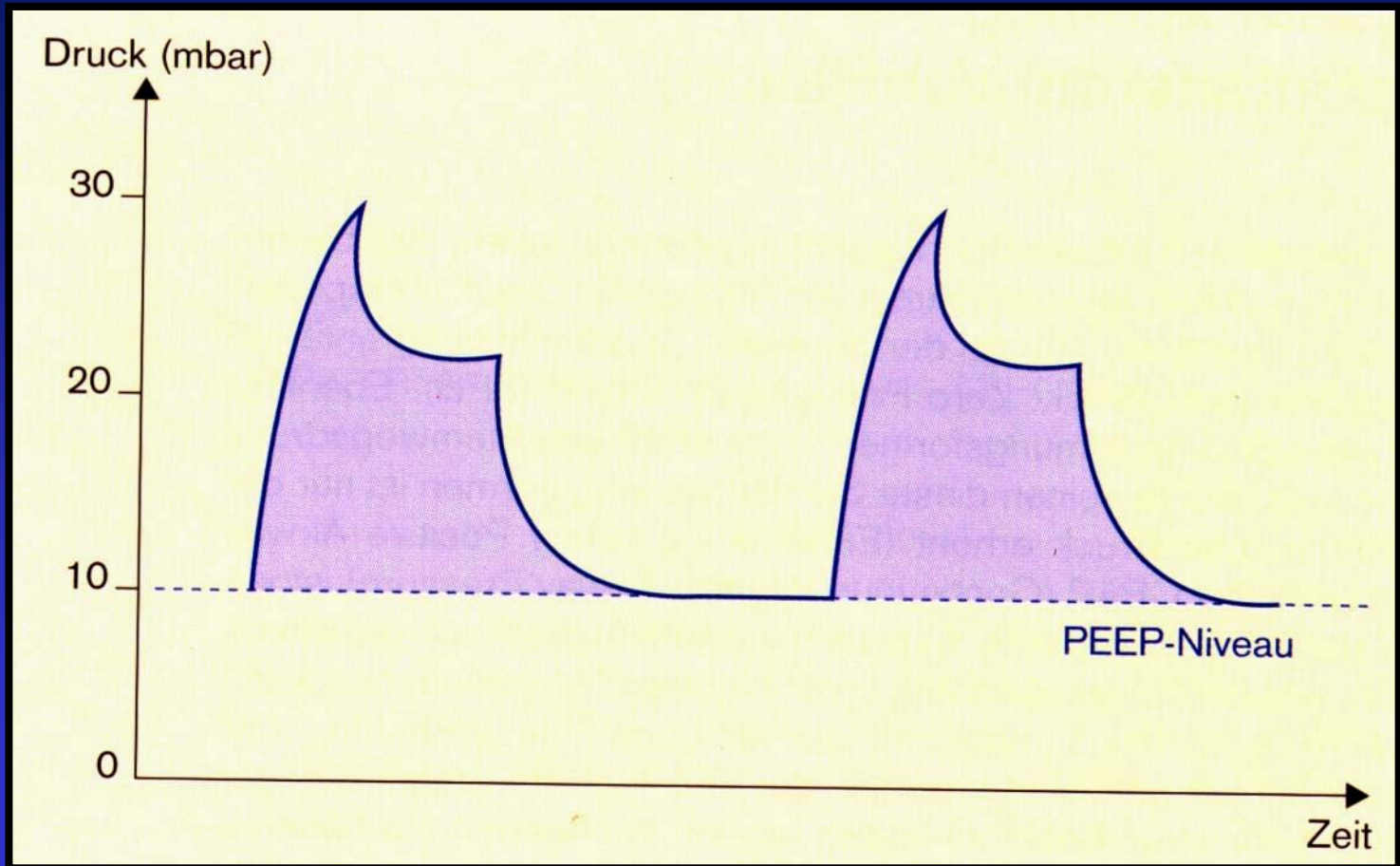
Beatmung mit positivem Druck am Ende der
Ausatmung (PEEP):

Das Manometer des Respirators geht also bei der Ausatmung nicht auf Null zurück, sondern bleibt auf dem vorher eingestellten PEEP-Wert stehen.

Man spricht hier dann von CPPV = Continuous Positive Pressure Ventilation (kontinuierliche Beatmung mit positivem Druck = Überdruck).

Maschinelle Beatmung im RD

CPPV (= IPPV + PEEP)
(**C**ontinuous **P**ositive **P**ressure **V**entilation)



Maschinelle Beatmung im RD

Effekt der Beatmung mit PEEP:

Inspiratorisch:

Erleichterte Atemarbeit durch
Vordehnung der Lunge.

Expiratorisch:

Verbesserter pulmonaler Gasaustausch
durch Erhöhung der funktionellen
Residualkapazität.

Maschinelle Beatmung im RD

Das Atemzeitverhältnis:

Die Einatmung wird Inspiration (I),
die Ausatmung Expiration (E) genannt.

Das Verhältnis von I : E ist normalerweise
1 : 2 und wird Atemzeitverhältnis genannt.

Maschinelle Beatmung im RD

Das Atemzeitverhältnis beim Oxylog[®] der Fa. Dräger:

Der Dräger Oxylog[®] und Oxylog 1000[®]
sind fest eingestellt auf ein
Atemzeitverhältnis von 1 : 1,5.

Der Oxylog 2000[®] ist wählbar von
1 : 3 bis 2 : 1.

Maschinelle Beatmung im RD

Warum verändertes Atemzeitverhältnis?

Bei schweren pulmonalen Gasaustauschstörungen reicht die normale Inspirationsdauer oft nicht aus, um bestimmte erkrankte alveoläre Bezirke zu entfalten.

Maschinelle Beatmung im RD

Warum ein verändertes Atemzeitverhältnis?

Beatmung mit verlängerter Inspirationszeit kann den pulmonalen Gasaustausch und damit die Oxygenierung auch noch bei schwersten Verteilungsstörungen verbessern (Einstellung der Beatmung bis hin zum umgekehrten Atemzeitverhältnis IRV = Inversed Ratio Ventilation).

Maschinelle Beatmung im RD

Merke:

Durch das Atemzeitverhältnis
= I : E-Verhältnis
(oder I : E-Ratio) wird der zeitliche
Zusammenhang von
Inspirationsdauer zu
Expirationsdauer beschrieben.

Maschinelle Beatmung im RD

Einteilung der Beatmungsgeräte:

Die Einteilung der *Respiratoren* nach der Steuerung wird am häufigsten verwendet. Steuerung bezeichnet den Mechanismus, mit dem die Inspiration beendet wird (also der Faktor, der für eine Umschaltung von Inspiration auf Expiration sorgt).

Maschinelle Beatmung im RD

Einteilung der Beatmungsgeräte:

Nach der Art des Umschaltmechanismus können 3 Respiratortypen unterschieden werden:

- druckgesteuerte
(= druckbegrenzte) Respiratoren
- volumengesteuerte
(= volumenkontrollierte) Respiratoren
- zeitgesteuerte Respiratoren.

Maschinelle Beatmung im RD

Druckgesteuerte bzw. druckbegrenzte Beatmung:

Luft wird mit einem bestimmten Gasfluss in den Patienten gepresst. Dabei steigt der Druck sowohl in den Atemwegen als auch im Beatmungsgerät zunehmend an.

Sobald im Gerät ein eingestellter (also veränderbarer) Beatmungsdruck erreicht ist, wird die Inspiration automatisch abgeschlossen („begrenzt“) und auf Expiration umgeschaltet.

Maschinelle Beatmung im RD

Gefahr der druckgesteuerten bzw. druckbegrenzten Beatmung (1):

Erhöhen sich die Widerstände in den Atemwegen (z. B. durch Sekret) oder die Dehnbarkeit der Lunge nimmt ab, wird der Umschaltdruck schneller erreicht.

Das Atemzugvolumen nimmt ab, die Atemfrequenz zu.

Maschinelle Beatmung im RD

Gefahr der druckgesteuerten bzw.
druckbegrenzten Beatmung (2):

Druckgesteuerte Geräte können also eine Erhöhung des Atemwegwiderstandes nicht kompensieren (Beispiel: der Pulmotor).

Die druckbegrenzte Beatmung wird auch PCV = Pressure Controlled Ventilation genannt.

Maschinelle Beatmung im RD

Volumengesteuerte, bzw. volumenkontrollierte Beatmung:

Hier wird bei jedem Atemhub ein einstellbares Atemhubvolumen „mit Gewalt“ in den Patienten gepresst.

Ob dabei ein hoher oder niedriger Beatmungsdruck entsteht, hängt nur vom Beatmungswiderstand des Patienten ab!

Maschinelle Beatmung im RD

Volumengesteuerte, bzw. volumenkontrollierte
Beatmung:

Bei volumenkontrollierter
Beatmung steigt der
Beatmungsdruck mit dem
Atemwiderstand und umgekehrt.

Maschinelle Beatmung im RD

Gefahr der volumengesteuerten, bzw. volumenkontrollierten Beatmung:

Sobald das eingestellte Volumen aus dem Respiратор geströmt ist, schaltet das Gerät von Inspiration auf Expiration um. Es spielt dabei keine Rolle, wo das Volumen geblieben ist. Die Umschaltung erfolgt also auch dann, wenn das Volumen durch ein Leck entwichen ist und die Lungen des Patienten gar nicht erreicht hat.

Maschinelle Beatmung im RD

Zeitgesteuerte Beatmung:

Diese Respiratoren liefern das Atemgas innerhalb einer vorgegebenen Zeit. Die Umschaltung von Inspiration auf Expiration erfolgt also, wenn eine bestimmte Zeit abgelaufen ist. Diese Art der Steuerung wird auch als Frequenzsteuerung bezeichnet (Beispiele: der Oxylog und der Medumat).

Maschinelle Beatmung im RD

Und in der Praxis???

Die Umschaltung von Inspiration auf Expiration erfolgt in der Praxis meistens durch eine Kombination der zuvor genannten Steuerungsmechanismen.

Beispiel: der Oxylog und der Oxylog 1000 funktionieren volumenkonstant und zeitgesteuert.

Maschinelle Beatmung im RD

Techniken der maschinellen Beatmung:

Prinzipiell können zwei Formen der Beatmung unterschieden werden:

- kontrollierte Beatmung
- assistierte Beatmung

Maschinelle Beatmung im RD

Die kontrollierte Beatmung:

Der Patient hat selbst keine Möglichkeit, den nächsten Atemzug zu beginnen und der Beginn des nächsten Atemhubes hängt nur von der Automatik des Respirators ab.

So spricht man von kontrollierter Beatmung oder automatischer Beatmung. Es ist also jede Spontanatmung des Patienten ausgeschaltet.

Maschinelle Beatmung im RD

Die kontrollierte Beatmung:

Diese Beatmungsform wird bei Narkosen und zur Behandlung der schweren respiratorischen Insuffizienz angewandt.

Die kontrollierte Atmung ist nur möglich, wenn zuvor der natürliche Atemantrieb des Patienten ausgeschaltet wurde.

Maschinelle Beatmung im RD

Die assistierte Beatmung:

Bei dieser Beatmungsform ist das Atemzentrum des Patienten aktiv tätig.

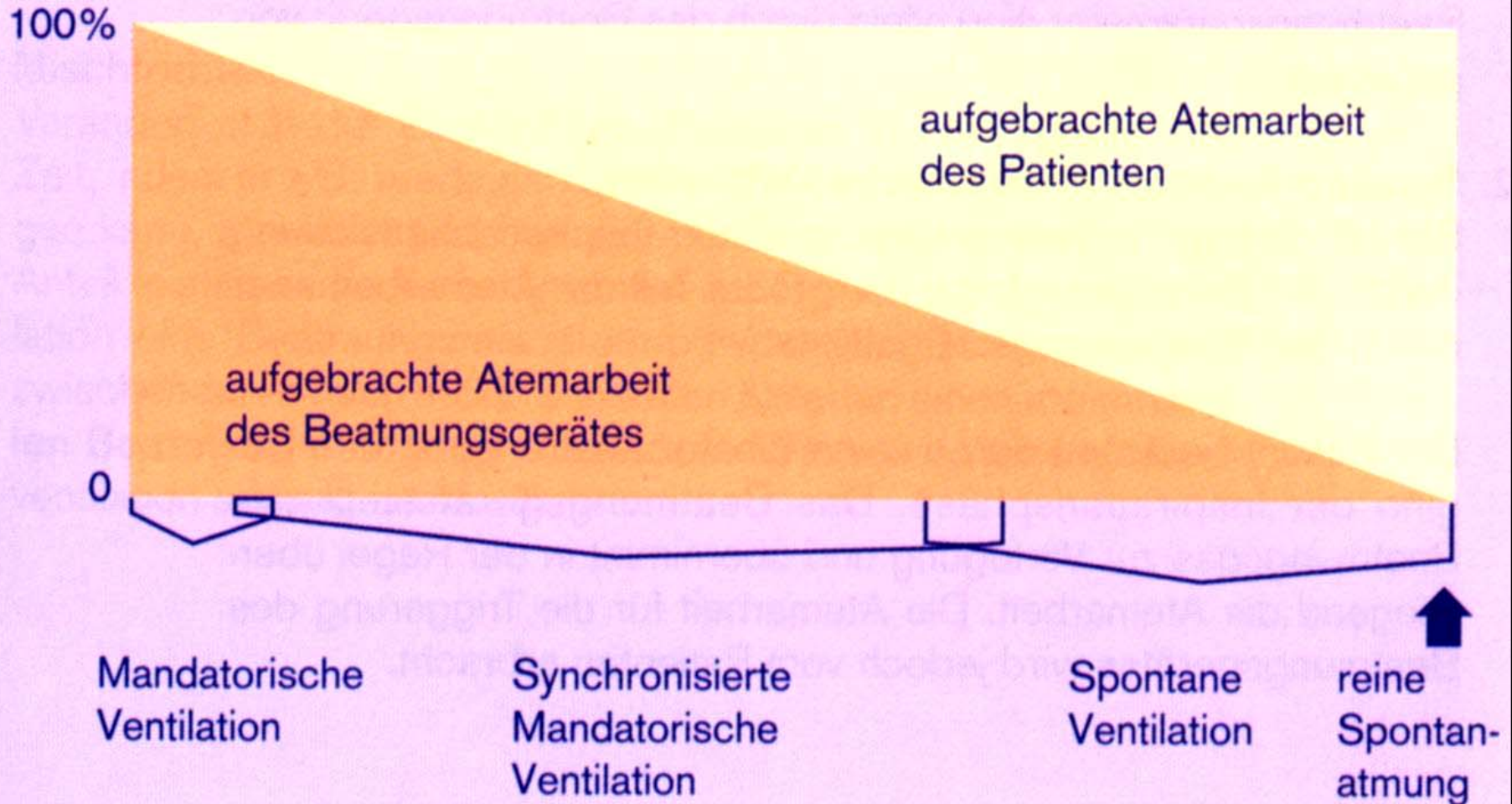
Außerdem sind spontane Atembewegungen vorhanden.

Maschinelle Beatmung im RD

Die assistierte Beatmung:

Produziert der Patient durch eine Einatmungsbewegung einen leichten Unterdruck im Respirator und leitet damit die Inspirationsphase selbst ein, so spricht man von assistierter Beatmung.

Maschinelle Beatmung im RD



Maschinelle Beatmung im RD

Überwachung des beatmeten Patienten (Leitsatz Nr. 1):

Merke: Setzt am mechanisch beatmeten Patienten die Atmung aus, so ist der Respirator falsch eingestellt oder defekt, der mechanisch beatmete Patient kann keinen Atemstillstand haben!!!

Maschinelle Beatmung im RD

Überwachung des beatmeten Patienten:

Beim Aussetzen der Atmung am mechanisch beatmeten Patienten darf mit dem Aufsuchen des Fehlers nicht viel Zeit verloren werden.

Kann die Panne nicht innerhalb von 30 Sekunden behoben werden, so wird der Patient mit dem Atembeutel von Hand beatmet!!!

Maschinelle Beatmung im RD

Überwachung des beatmeten Patienten:

Damit kennen wir den Leitsatz Nr. 2:

**Der mechanisch beatmete Patient ist in
latenter Lebensgefahr, solange nicht
ein betriebsbereiter Beatmungsbeutel
in der Nähe ist!!!**

Maschinelle Beatmung im RD

Überwachung des beatmeten Patienten:

Wenn der Apparat auf ein bestimmtes Volumen eingestellt ist, ein Teil des Volumens aber über eine Undichtigkeit verloren geht, erhält der Patient nur den Rest des eingestellten Volumens, d.h., er wird trotz richtiger Einstellung des Apparates ungenügend beatmet.

Es ist aber klar: Der Patient kann keine Luft ausatmen, die er nicht zuvor erhalten hat.

Maschinelle Beatmung im RD

Überwachung des beatmeten Patienten:

Damit kommen wir zu Leitsatz Nr. 3

**Merke: Miss, wie viel der
Patient ausatmet,
und Du weißt, wie viel er
eingeatmet hat.**

Maschinelle Beatmung im RD

Zeichen ungenügender Beatmung am Patienten:

Wird die Sauerstoffversorgung ungenügend, so treten Kreislaufzeichen gelegentlich vor der sichtbaren Zyanose auf.

Maschinelle Beatmung im RD

Zeichen ungenügender Beatmung am Patienten:

- Schwitzen
- marmorierte Haut
- kalte Peripherie
- Tachykardie

Maschinelle Beatmung im RD

Zeichen ungenügender Beatmung am Patienten:

- ventrikuläre Extrasystolen
- Knotenbradykardie
- AV-Block
- Blutdruckabfall

Maschinelle Beatmung im RD

Weitere wichtige klinische Zeichen sind:

- Erhöhung des Beatmungswiderstandes
- Bronchospasmus

Maschinelle Beatmung im RD

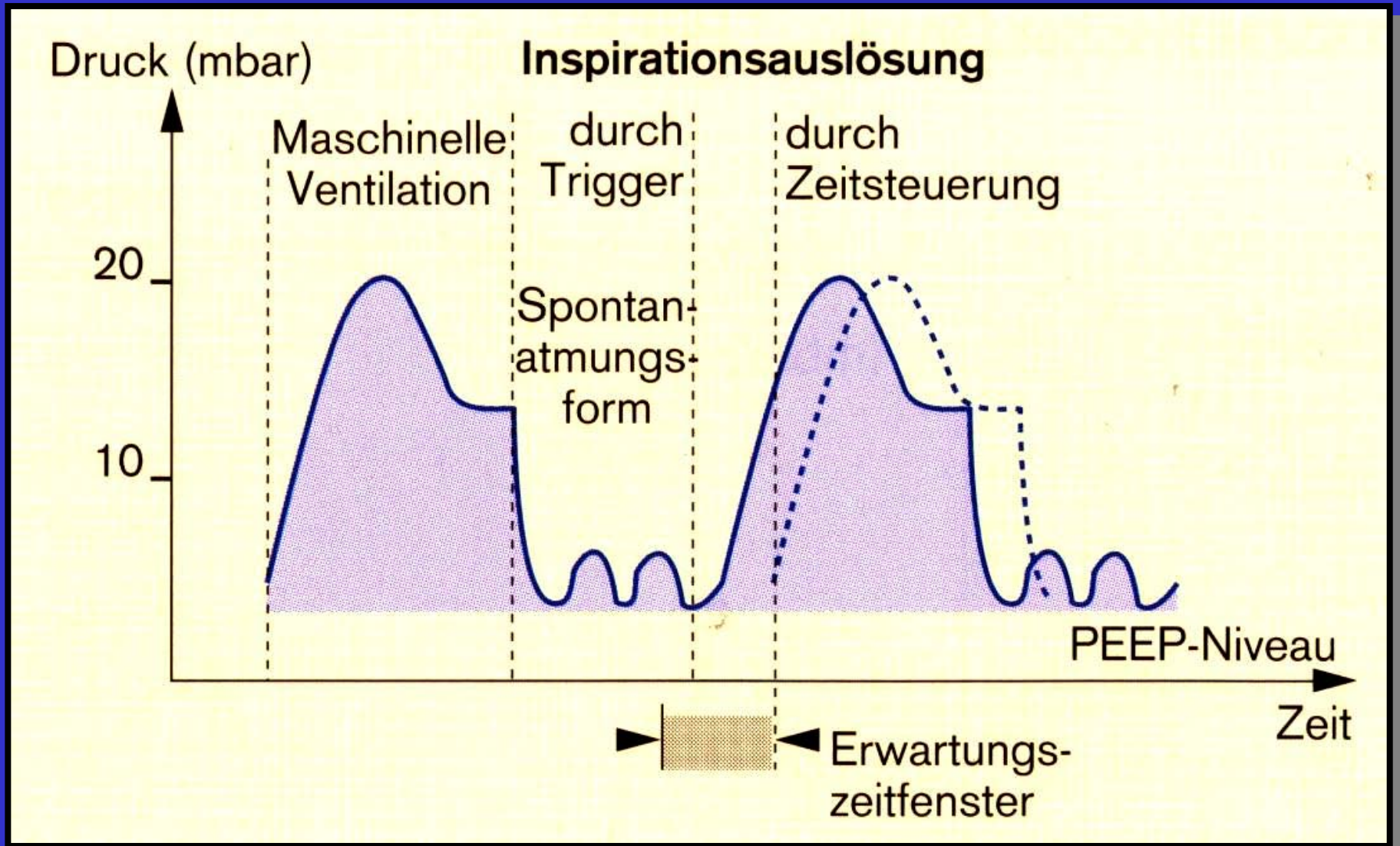
Überwachung des beatmeten Patienten:

Damit kommen wir zu Leitsatz Nr. 4

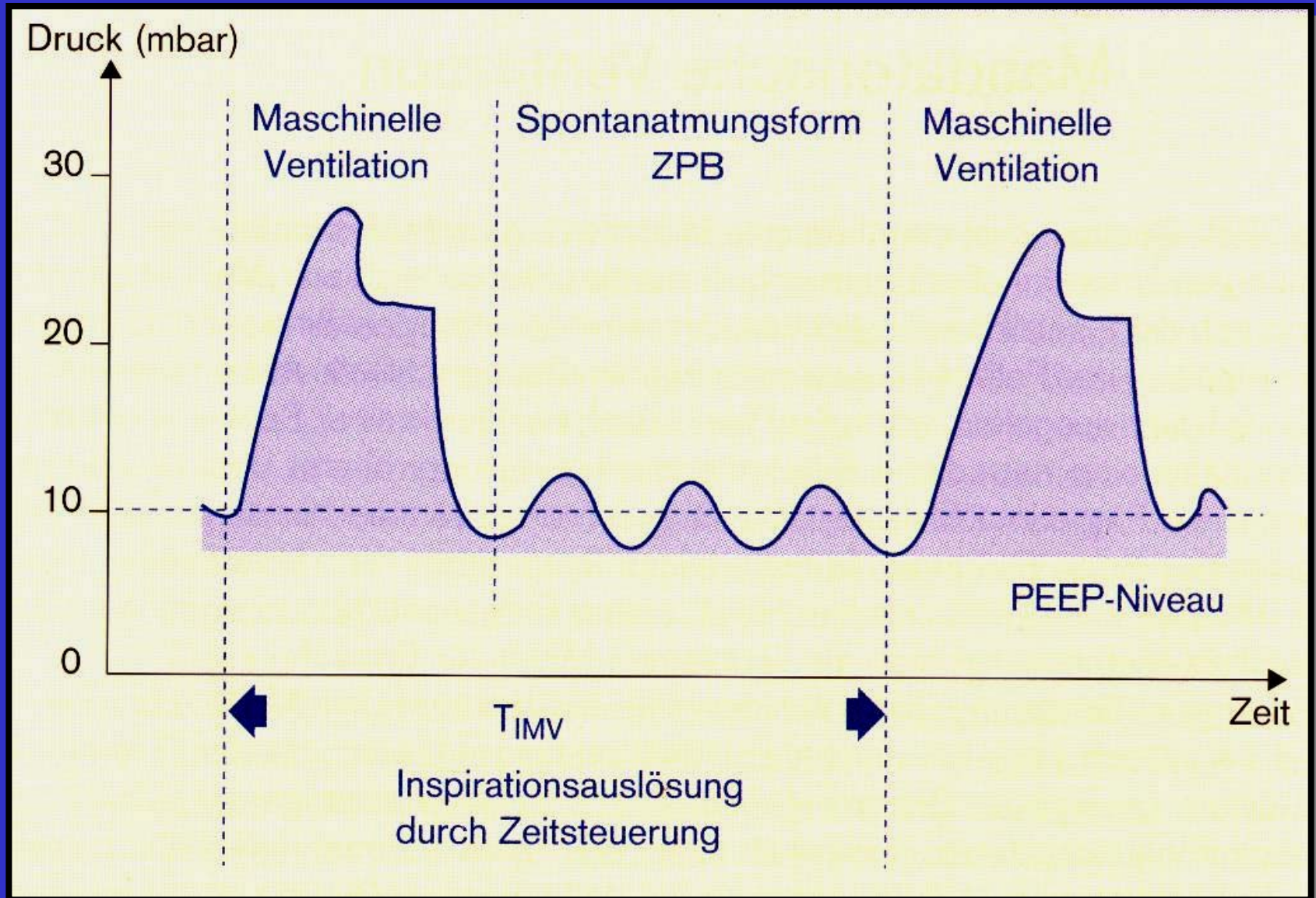
**Merke: Besser als jeder Monitor ist
ein gut ausgebildeter,
exakt beobachtender,
zuverlässig messender
Rettungssanitäter/-assistent/Arzt.**

SIMV

(Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation)



SIMV + CPAP



Maschinelle Beatmung im RD

Einstellung des Beatmungsgerätes für Erwachsene auf einen Blick:

- $f = 10$ bis $12/\text{min.}$
- $V_T = 12 \text{ ml/kg KG}$
- $P_{\text{max}} = \text{ca. } 5 \text{ mbar}$ oberhalb des gemessenen Wertes
- $F_i\text{O}_2 = 1,0$ (= 100 % Sauerstoff)