

ANÄSTHESIE FORUM



ALPBACH

REPETITORIUM

Monitoring im OP

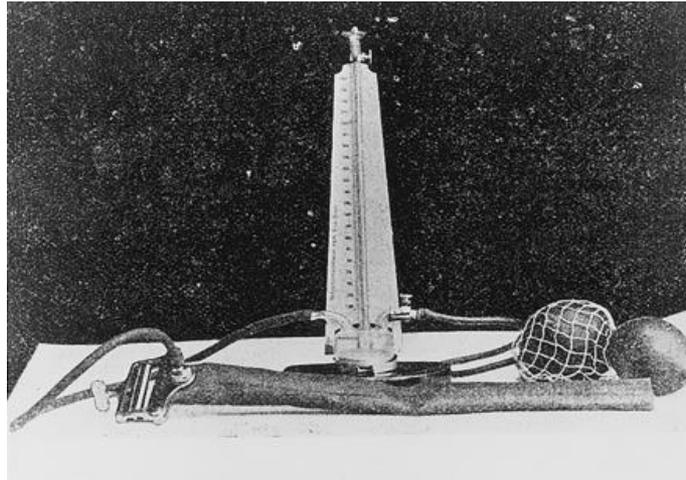


# Monitoring im OP: Inhalte

- Blutdruckmessung:
  - nicht-invasiv
  - Invasiv
  - zentralvenös
- EKG
- Kapnographie
- Pulsoxymetrie
- Temperatur-Monitoring

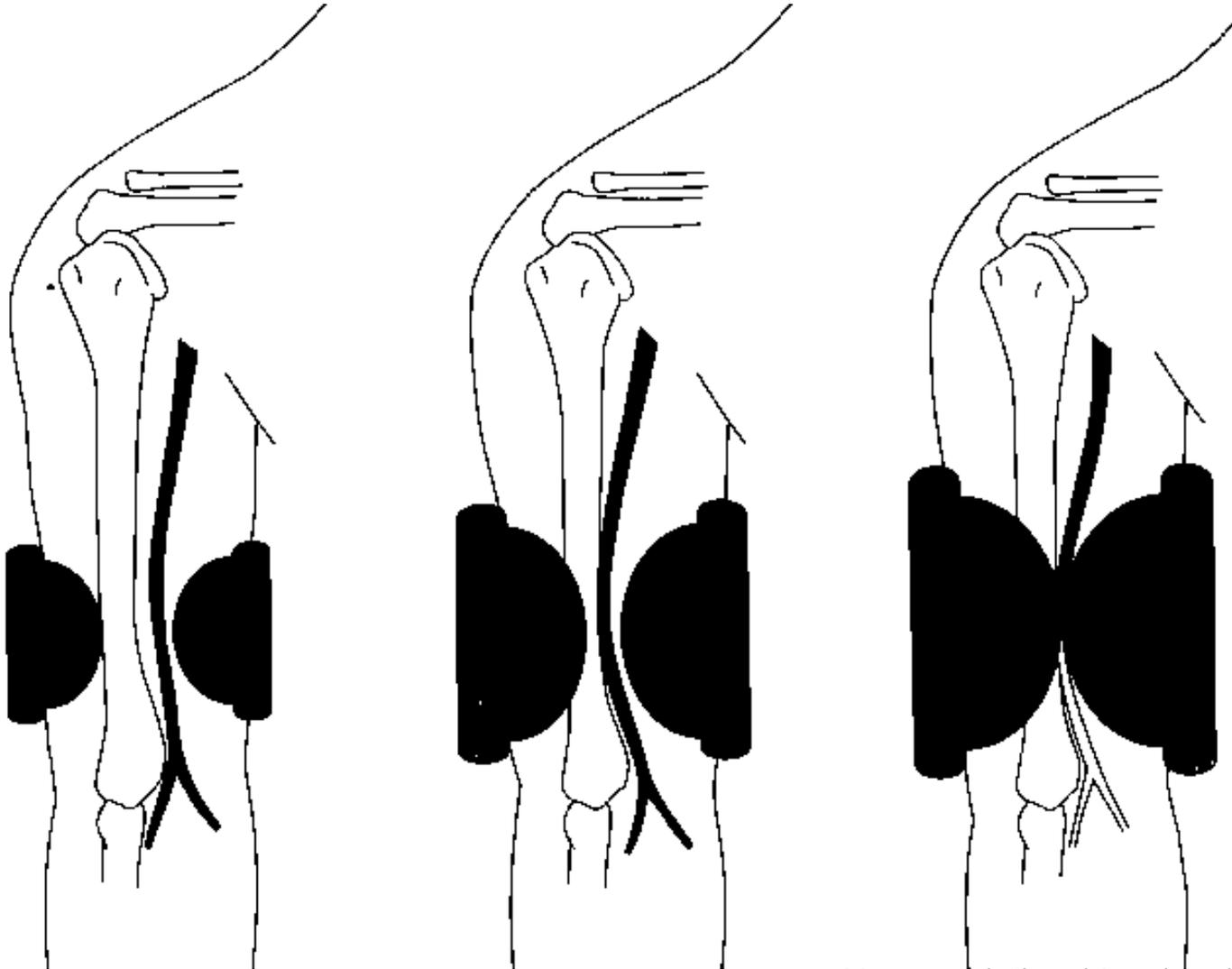
# Nicht-invasive Blutdruckmessung (NIBD)

- Riva-Rocci S. Un sfigmomanometro nuovo. Gazzetta Medica di Torino. 1896



- Korotkoff NS. On methods of studying blood pressure [in Russian]. Bull Imperial Mil Med Acad. 1905

# NIBD: Prinzip



# NIBD: Messverfahren

- Einfache Palpation (z.B.: Radialispuls)
- Akustisch (Stethoskop)
- Oszillometrisch (Anästhesiemonitor)
- (Doppler Sonde)
- (Finger-Plethysmographie, Arterielle Tonometrie)

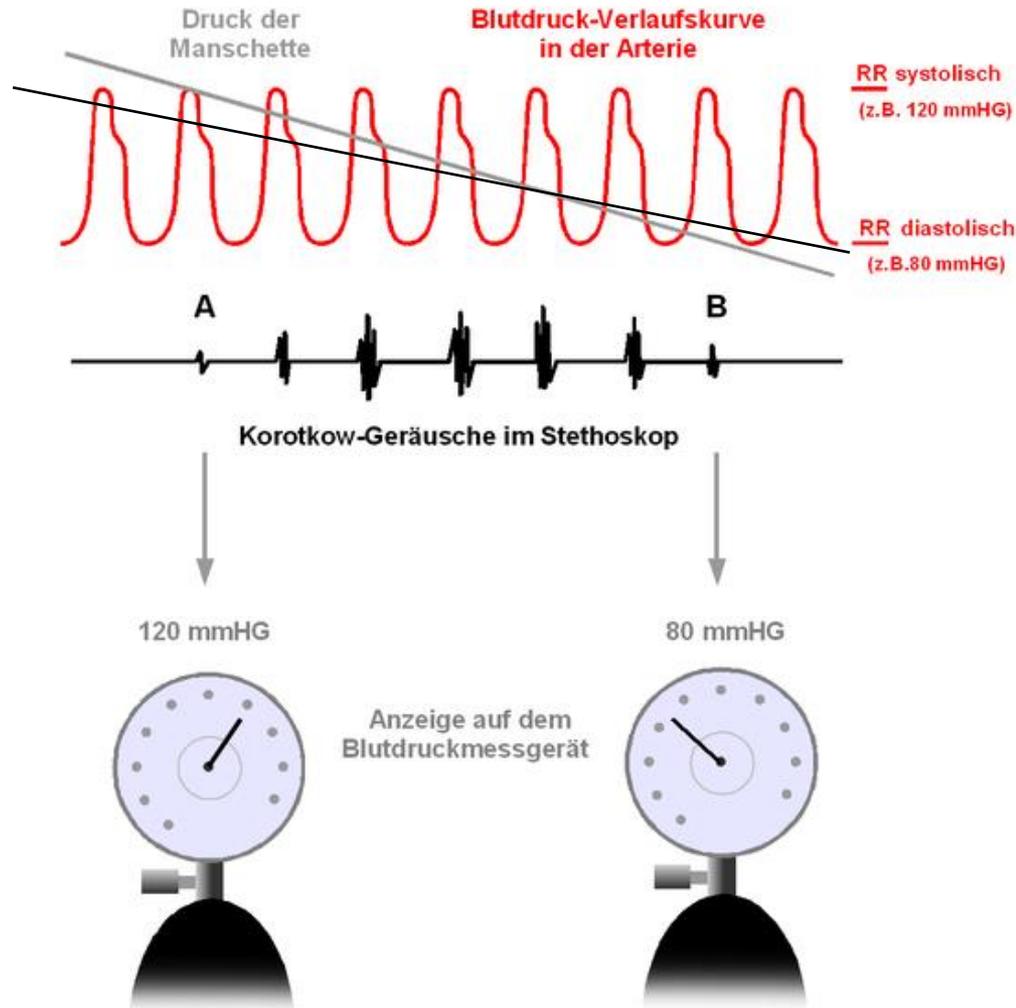
# NIBD: „Palpatorisch“

- Einfache Palpation (z.B.: Radialispuls)
- Keine Artefakte/Störgeräusche
- Misst nur den systolischen Blutdruck
- „Unterschätzt“ eher
  - 10-20 mmHg tiefer als Auskultatorisch

# NIBD: „Akustisch“

- Stethoskop über Arterie in der Cubita
- Turbulente Strömung: Korotkoff'sche Geräusche
  - Systole: Beginn der Geräusche
  - Dazwischen eventuell: „auskultatorische Lücke“
    - Vor allem bei Hypertonie
  - Diastole: Ende der Geräusche
  - Vermindert bei
    - Hypotension
    - peripherer Vasokonstriktion

# NIBD: „Akustisch“



# NIBD:                    ? Fragen ?

1.  $MAP = DIA + 1/2 (SYS-DIA)$        Ja       Nein      ?

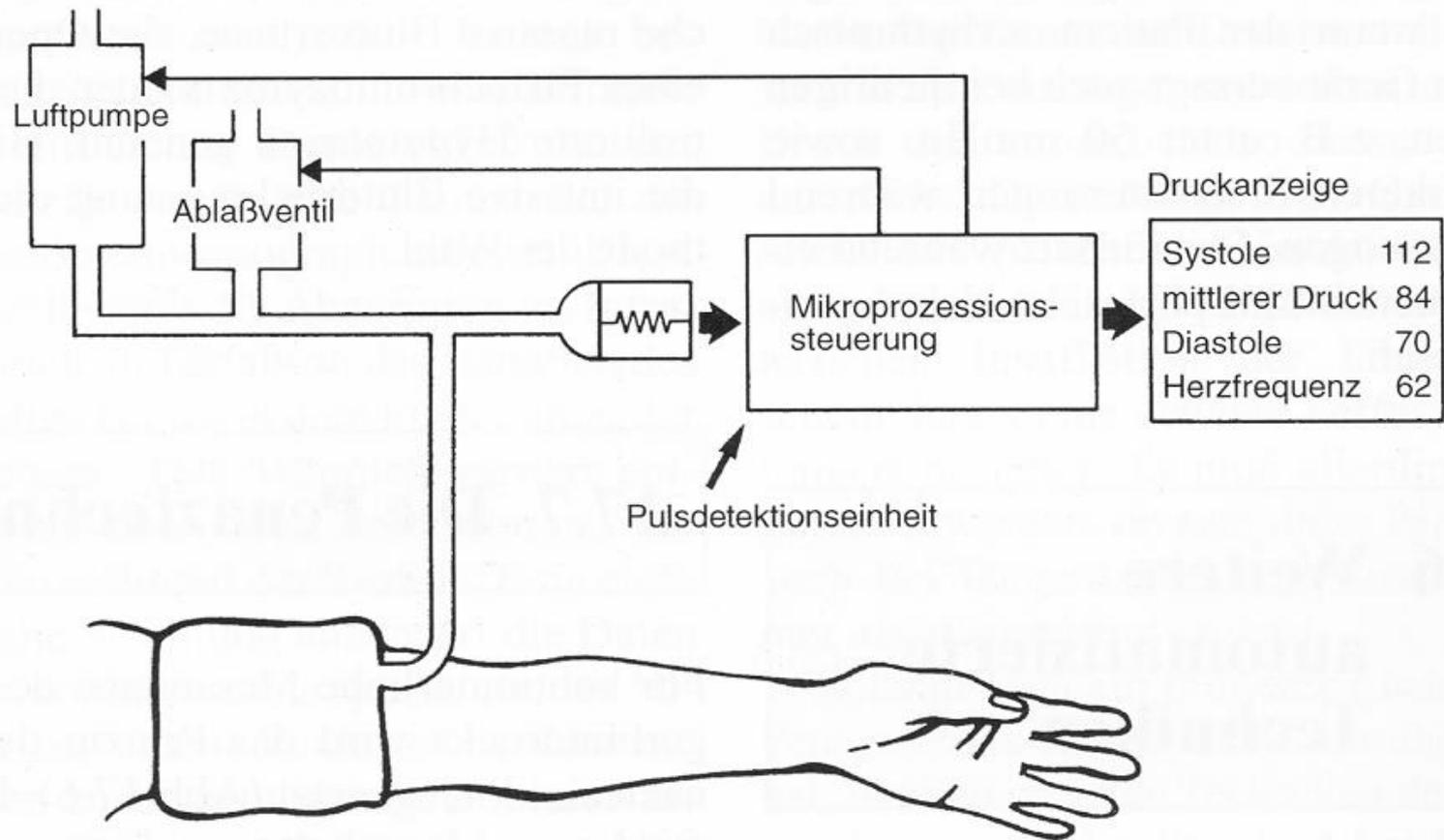
2.  $MAP = SYS - 2/3 (SYS-DIA)$        Ja       Nein      ?

3.  $MAP = (SYS + 2DIA) / 3$        Ja       Nein      ?

4.  $MAP = DIA + 2/3 (SYS-DIA)$        Ja       Nein      ?

5.  $MAP = DIA + 1/3 (SYS-DIA)$        Ja       Nein      ?

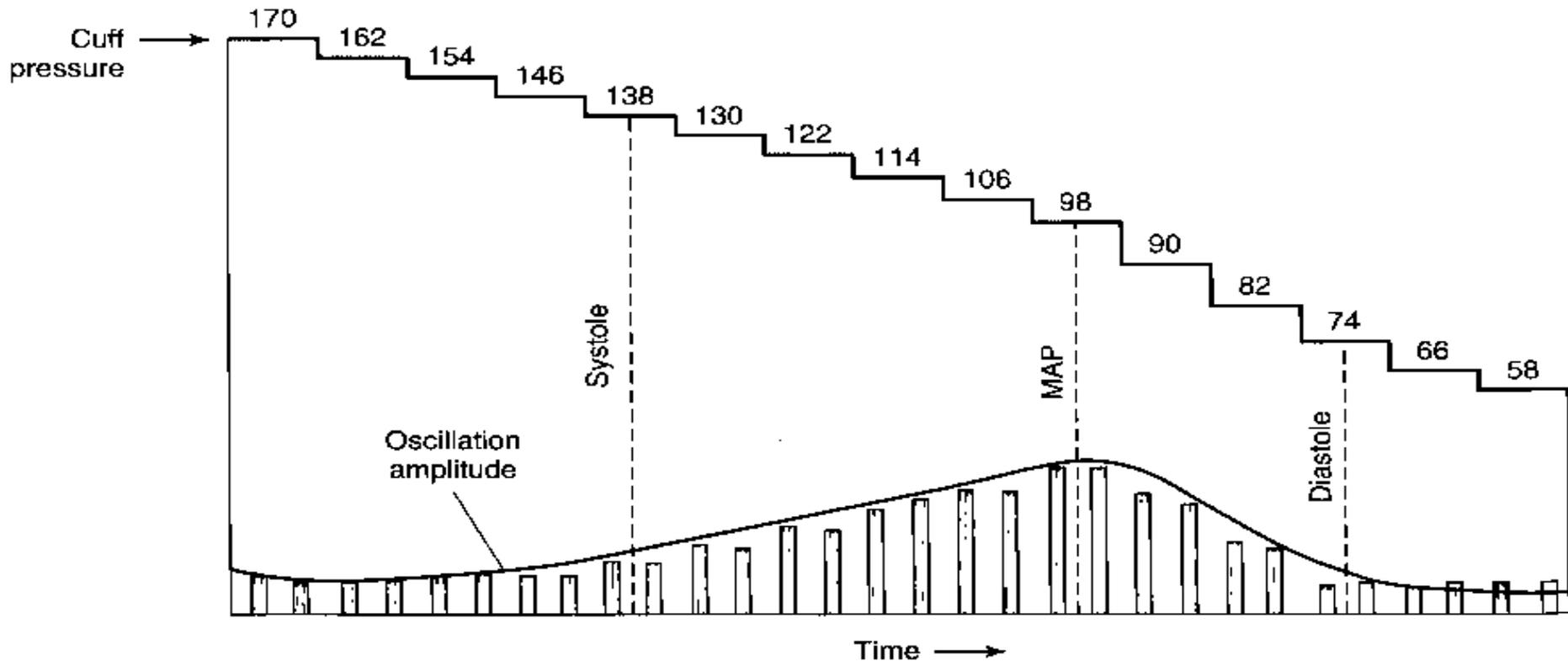
# NIBD: Oszillometrisch



# NIBD: Oszillometrisch

- Misst die arteriellen Pulsationen in der Manschette
- Pulsationen immer vorhanden, werden beim Ablassen des Druckes mehr wenn SYS erreicht wird.
- Amplituden-Maximum = MAP

# NIBD: Oszillometrisch

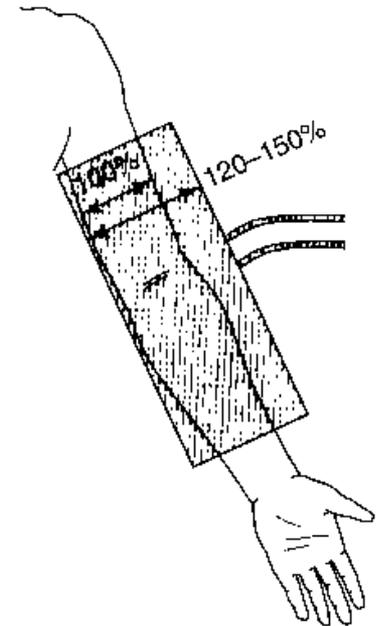


# NIBD: Oszillometrisch

- Misst die arteriellen Pulsationen in der Manschette
- Pulsationen immer vorhanden, werden beim Ablassen des Druckes mehr wenn SYS erreicht wird.
- Amplituden-Maximum = MAP
- Mathematischer Algorithmus zur Berechnung von Systolischem, Mittlerem und Diastolischen Wert
- Mögliche Fehlerquellen: Vorhofflimmern mit wechselndem Schlagvolumen

# NIBD: Manschettenbreite

- Beeinflusst Werte  $\pm 30\text{mmHg}$ 
  - dicker Oberarm + zu kleine Manschette: Blutdruck überschätzt
  - Manschette für den Arm zu groß: Blutdruck unterschätzt
- Optimale Breite:
  - ca. 0,33 bis 0,4 Oberarmumfang
  - ca. 120-150% Oberarmdurchmesser
- Manschettenlänge (aufblasbarer Teil)  
ca. 2\*Breite

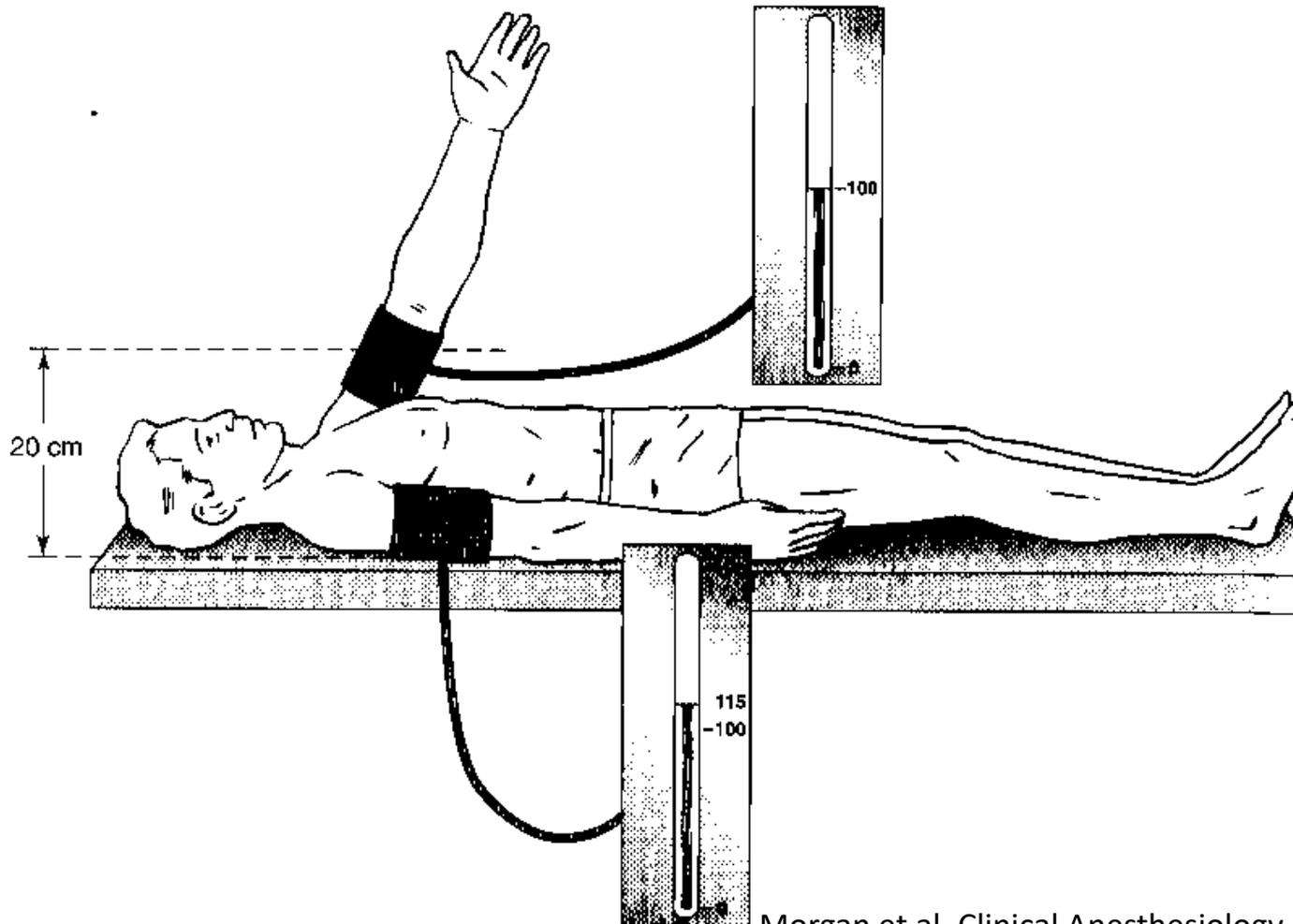


# NIBD: Fehler

- Manschettenhöhe:
  - Pro cm (Wassersäule) Abweichung von der Standardposition (Herzhöhe) ändert sich der Blutdruck um ca. 0,74 mmHg
  - z.B. Arm hochgelagert um 20 cm = falsch tiefer Blutdruckwert um 15 mmHg

# NIBD: Fehler

$$(20 \text{ cm H}_2\text{O}) \left( \frac{0.74 \text{ mm Hg}}{\text{cm H}_2\text{O}} \right) = 14.7 \text{ mm Hg}$$



# NIBD:                   ? Fragen ?

- Ist der Oscillometer das adäquate Messinstrument bei Patienten mit Vorhofflimmern?

JA

NEIN

???

- Können sie auskultatorisch den Blutdruck bei Vorhofflimmern genau bestimmen?

JA

NEIN

???

- Verursacht eine überlappende (zu lange Manschette) falsche Blutdruckwerte?

JA

NEIN

???

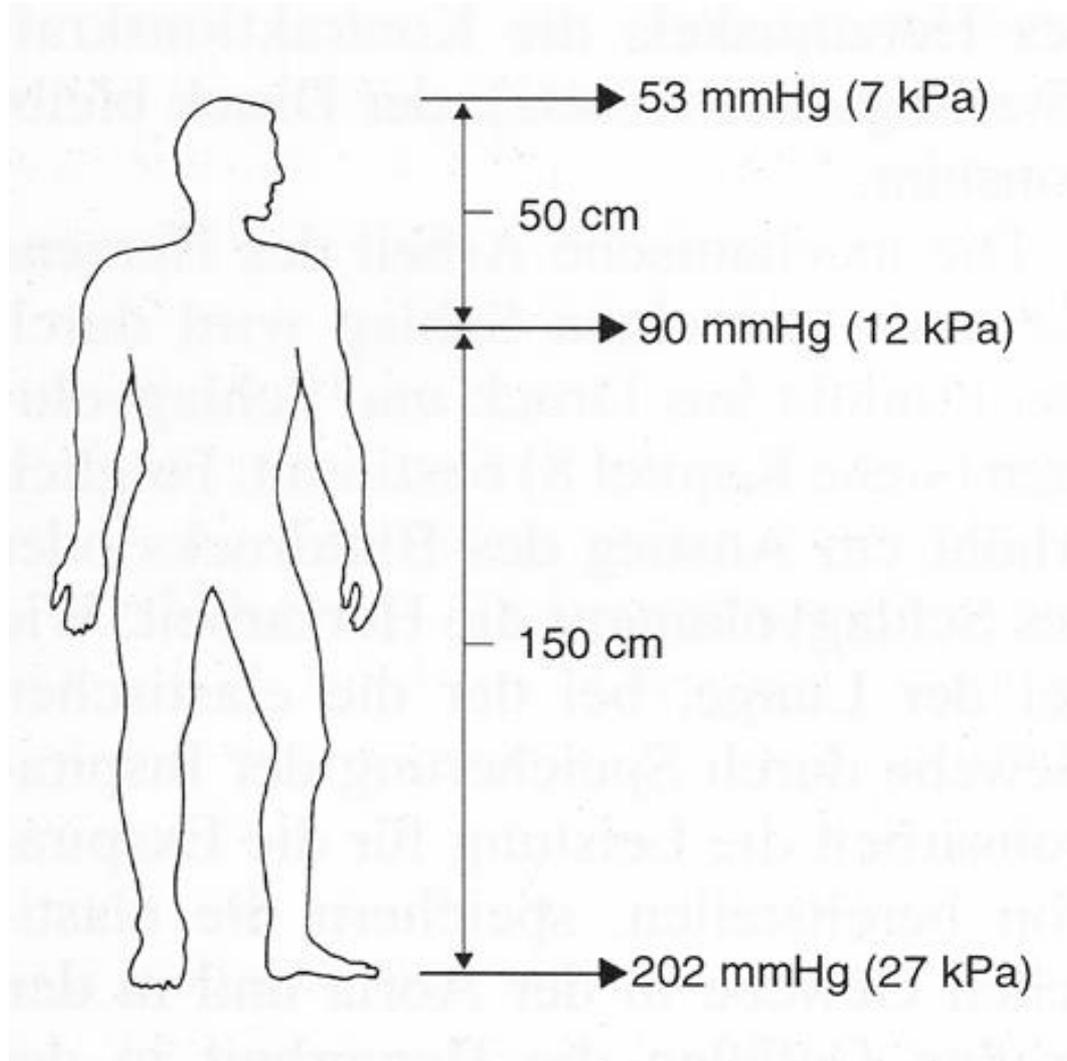
- Kann der Oscillometer den mittleren Blutdruck genau bestimmen?

JA

NEIN

???

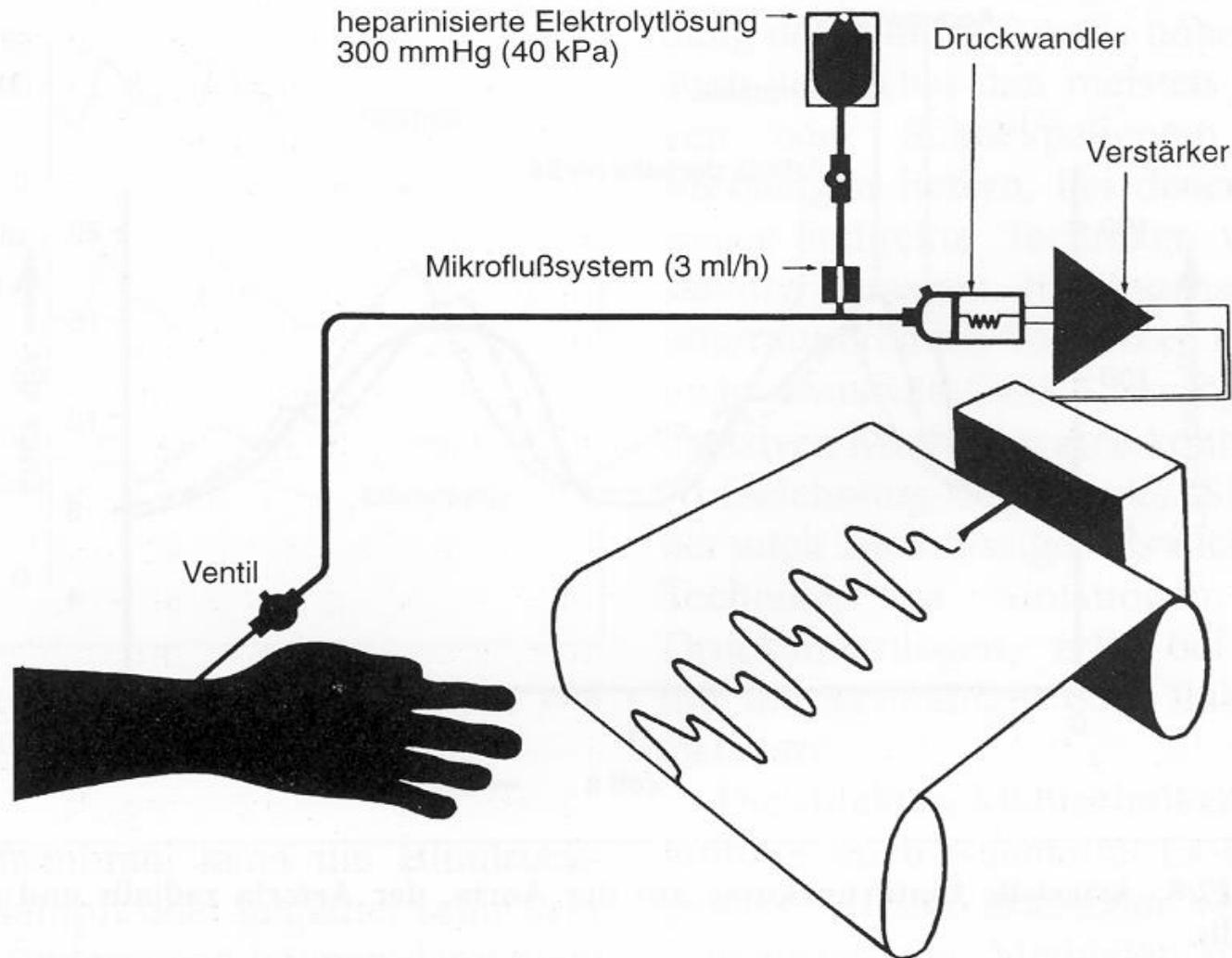
# BD: Unterschied Stehen - Liegen



# Invasive Blutdruckmessung (IABP)



# IABP: Prinzip / Technik

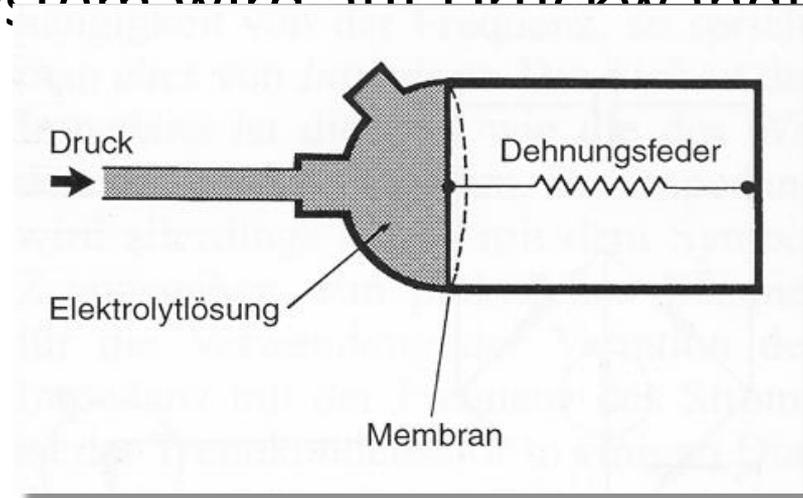


# IABP: Prinzip / Technik

- Intra-arterieller Katheter – Schlauch - Druckwandler
- Flüssigkeitssäule im System wird auf Druckwandler übertragen

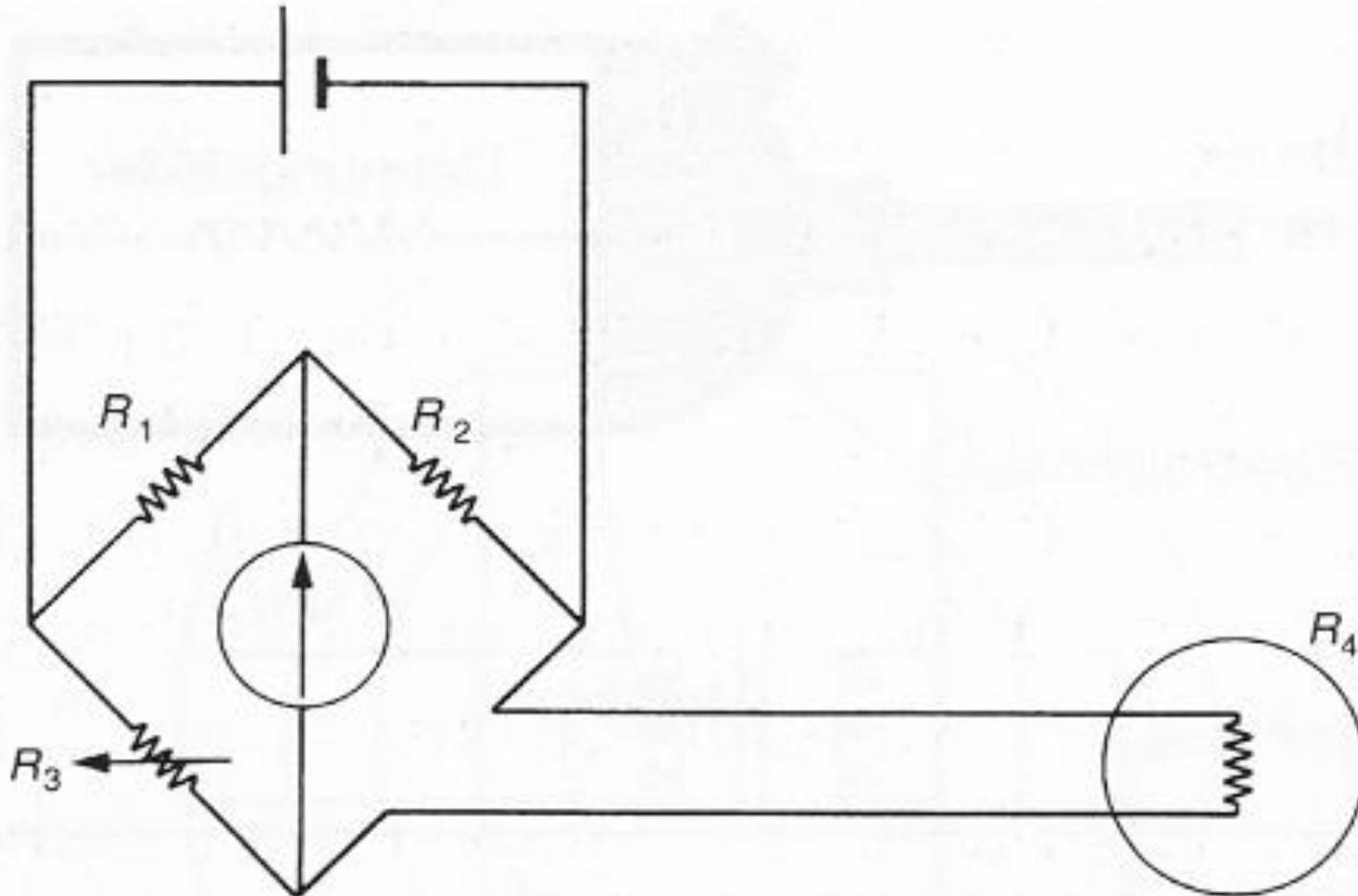
- Druckwandler:

## Wheatstone-Brücke



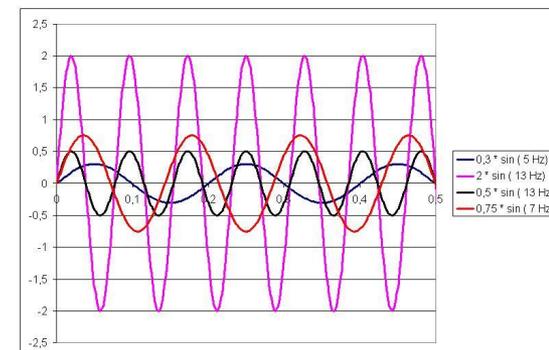
- Durch Auslenkung der Druckmembran – Widerstandsänderung im nachfolgend elektrischen System

# IABP: Prinzip / Technik



# IABP: Prinzip / Technik

- Druckwandler können  $> 200$  Hz Signale sammeln
- Fourier Analyse der Auslenkung - Druckkurve
- Analysespektrum Frequenzminimum 16-24 Hz um Druckkurven optimal darzustellen
- Klassisches Schlauchsystem hat zumindest 15 Hz natürliche Systemfrequenz

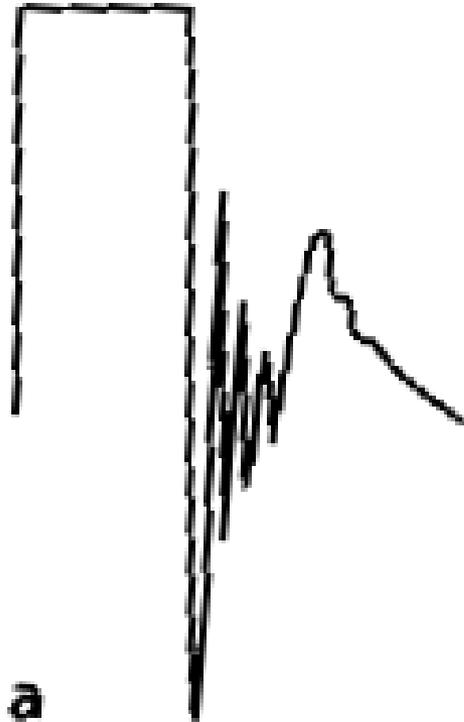


# IABP: Prinzip / Technik

- Reduktion der Frequenz durch zu lange, zu weiche, geknickte Schläuche, 3wegHähne, ...
- Dämpfung vermindert die Wellenform (wird flacher)
- Hyperresonanz der Wellen muss auch verhindert werden
- Dämpfungskoeffizient ( $\beta$ ) 0,6-0,7 ist optimal (komplizierte Formel) →
- Resonanzphänomene können einfach durch den „fast flush test“ beobachtet werden

# IABP: Prinzip / Technik

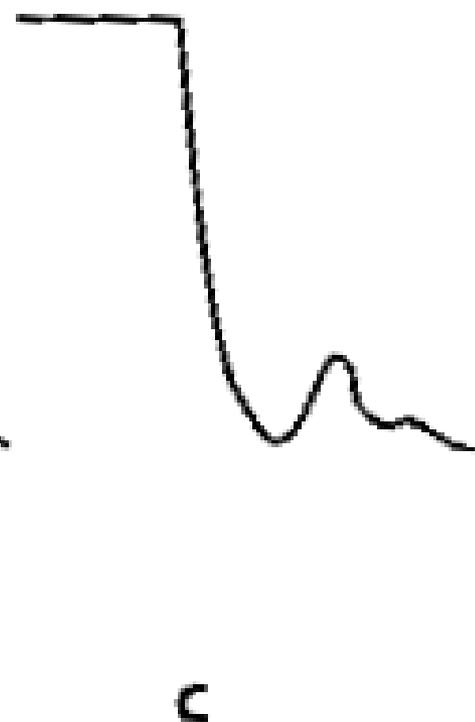
Unterdämpfung



Optimal



Überdämpfung



Wie „beurteilen“ Sie die natürliche Systemfrequenz ?

# IABP: Fehlerquellen

- Druckwandler nicht auf gewünschten Messpunkt
- Zu lange Schläuche
- Zu weiche Schläuche
- Zu großer Innendurchmesser
- Zu dicker Katheter (übernimmt Wandschwingungen)
- Luftblasen

# IABP:                    ? Fragen ?

- Reduzieren Luftblasen im Schlauch die natürliche Frequenz des Systems?

JA

NEIN

???

- Produzieren Luftblasen im Schlauch eine Unterdämpfung des Systems?

JA

NEIN

???

- Hilft eine hohe natürliche Frequenz des Systems um Druckkurven besser zu reproduzieren?

JA

NEIN

???

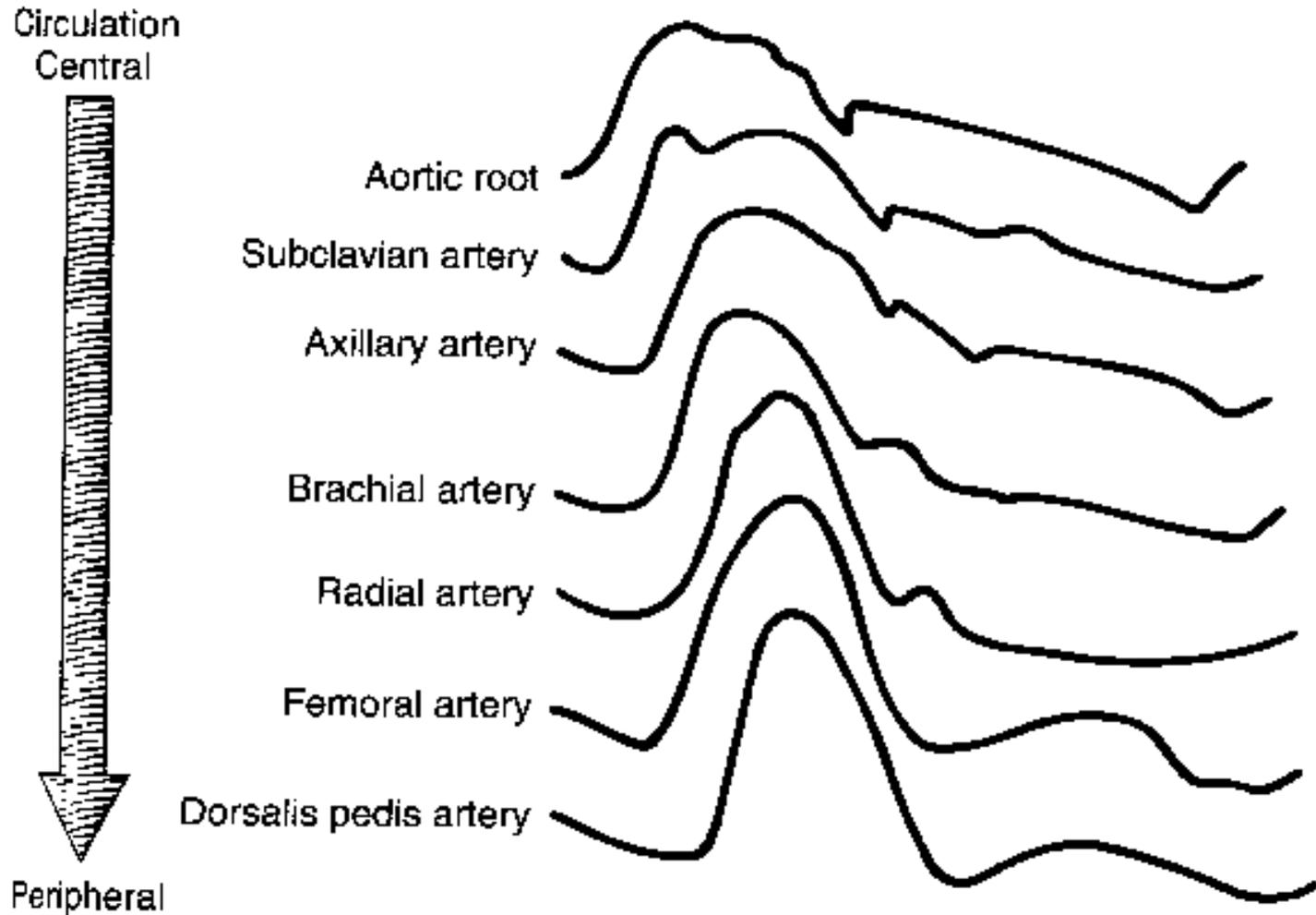
- Sind weiche Schläuche notwendig um eine hohe natürliche Frequenz des Systems zu bekommen?

JA

NEIN

???

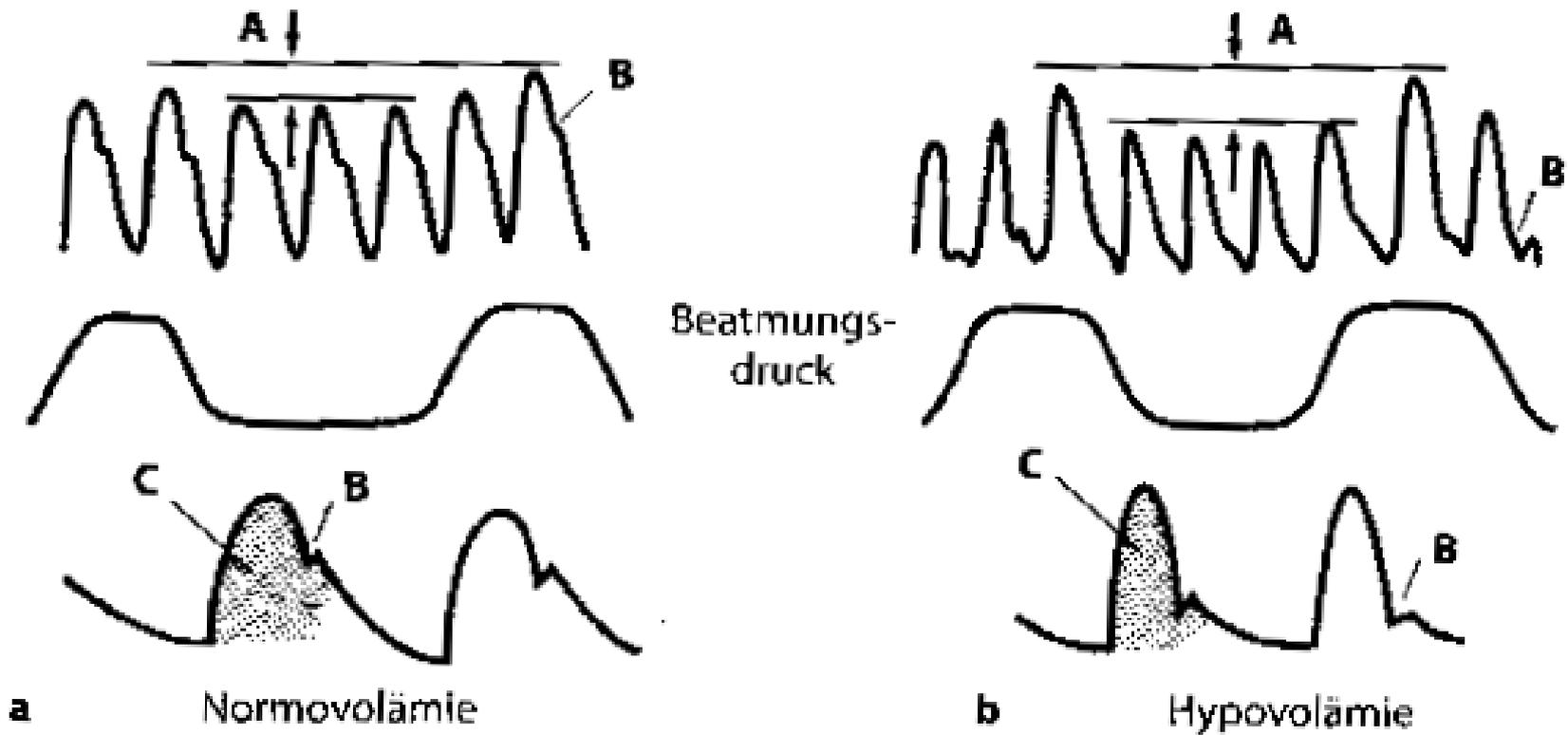
# IABP: regionale Druckkurven



# IABP: Messung

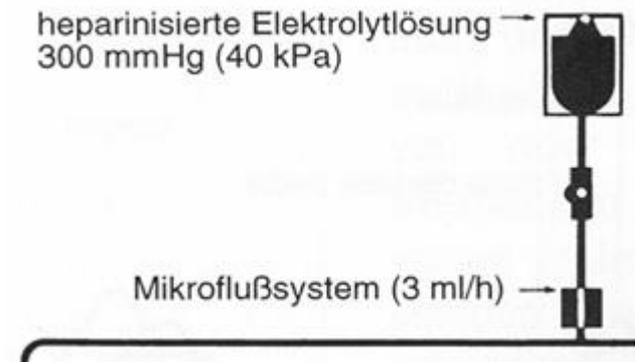
- Systolischer Druck
  - Abhängig von Entfernung der Punktionsstelle zum Herzen
    - z.B.: BDsys in A.dors.ped > A.rad.
- MAP bleibt gleich
  - (Messung der AUC)
- Dikrote Inzisur
  - Ursache: Aortenklappenschluss
  - sichtbar nur bei „zentrumnahen“ Arterien
- Dikrote Welle
  - Ursache: Aortenklappenschluss + Pulswellenreflexion
  - Abhängig von Entfernung und Volumenstatus

# IABP: Kurveninterpretation



# IABP: Überlegungen

- Wo will ich den Druck messen? Herz oder Hirn
  - Herz im Liegen: z.B. Mittlere Axilarlinie
  - Herz im Sitzen: z.B. 4. Interkostalraum (parasternal)
  - Hirn im Sitzen: z.B. Ohrhöhe
- Luftblasen könnte beim Spülen einen Schlaganfall auslösen!
- Achten sie auf 300 mmHg Systemdruck!  
Warum?



# IABD:                   ? Fragen ?

- Ist der MAP in den peripheren Arterien gleich?

JA                    NEIN                    ???

- Ist der Systolische Druck in der Art. dors ped. Um ca. 20 mmHg größer als in der Art. rad.?

JA                    NEIN                    ???

- Ist die „dikrote Welle“ das Gleiche wie die „dikrote Inzisur“ ?

JA                    NEIN                    ???

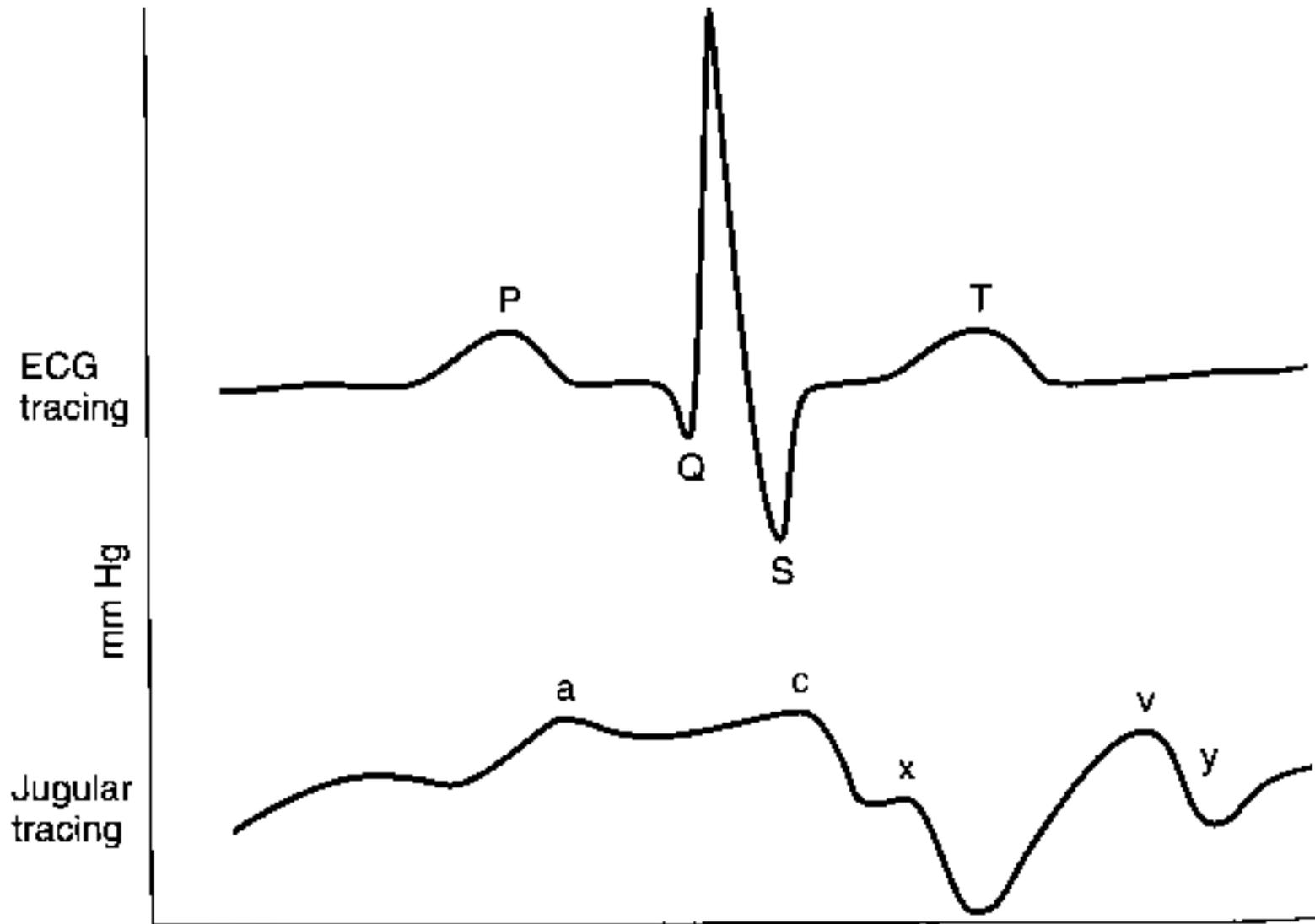
# Zentralvenöser Druck (ZVD)



# ZVD: Zentralvenöser Druck

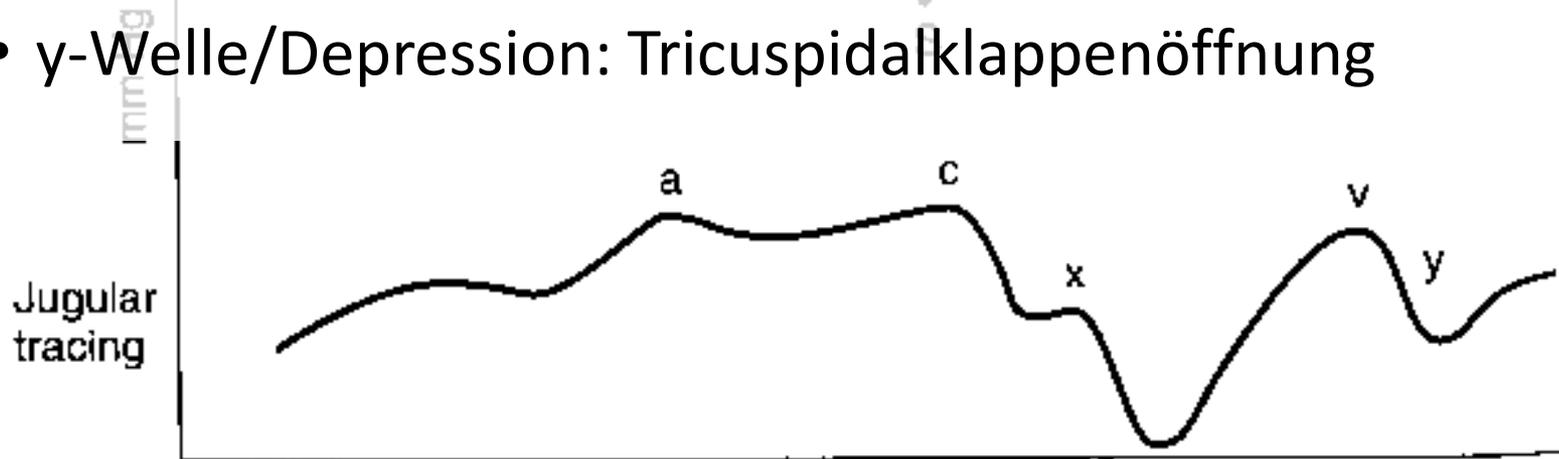
- Bezogen auf Niveau re. Vorhof
- Normwert: 5 (0-10) mmHg
- Absolutwerte schlecht beurteilbar
  - Wichtiger: Verlaufskontrolle
- Beurteilung von ZVD Kurven möglich

# ZVD: Zentralvenöser Druck

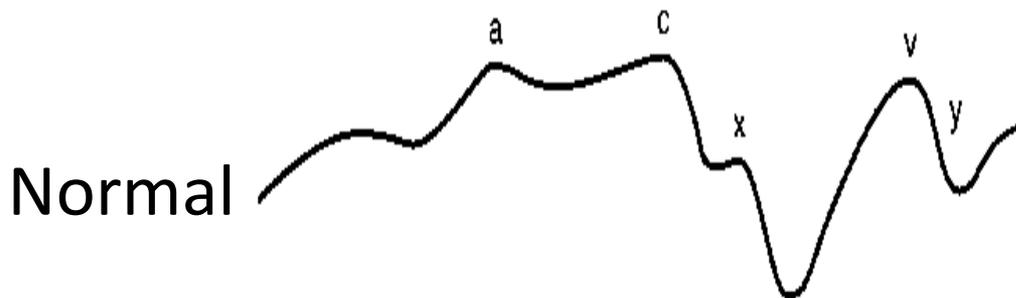
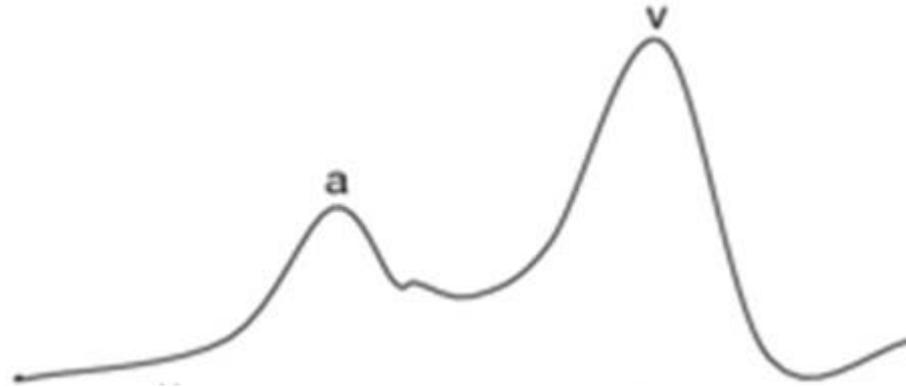


# ZVD - Kurven

- **a**-Welle: rechts**a**triale Kontraktion
  - Verlust der a-Welle und Prominenz der c-Welle bei VHF
- **c**-Welle: rechtsventrikuläre Kontraktion (Tri**c**uspidalklappenvorwölbung)
- **x**-Welle/Depression: atriale Diastole (Erschlaffung) + Abwärtsbewegung der Klappenebene
- **v**-Welle: atriale(**v**enöse) Füllung + Ventrikel-Systole
  - Hoch bei TKI, Rechtsherzversagen, Tamponade
- **y**-Welle/Depression: Tricuspidalklappenöffnung



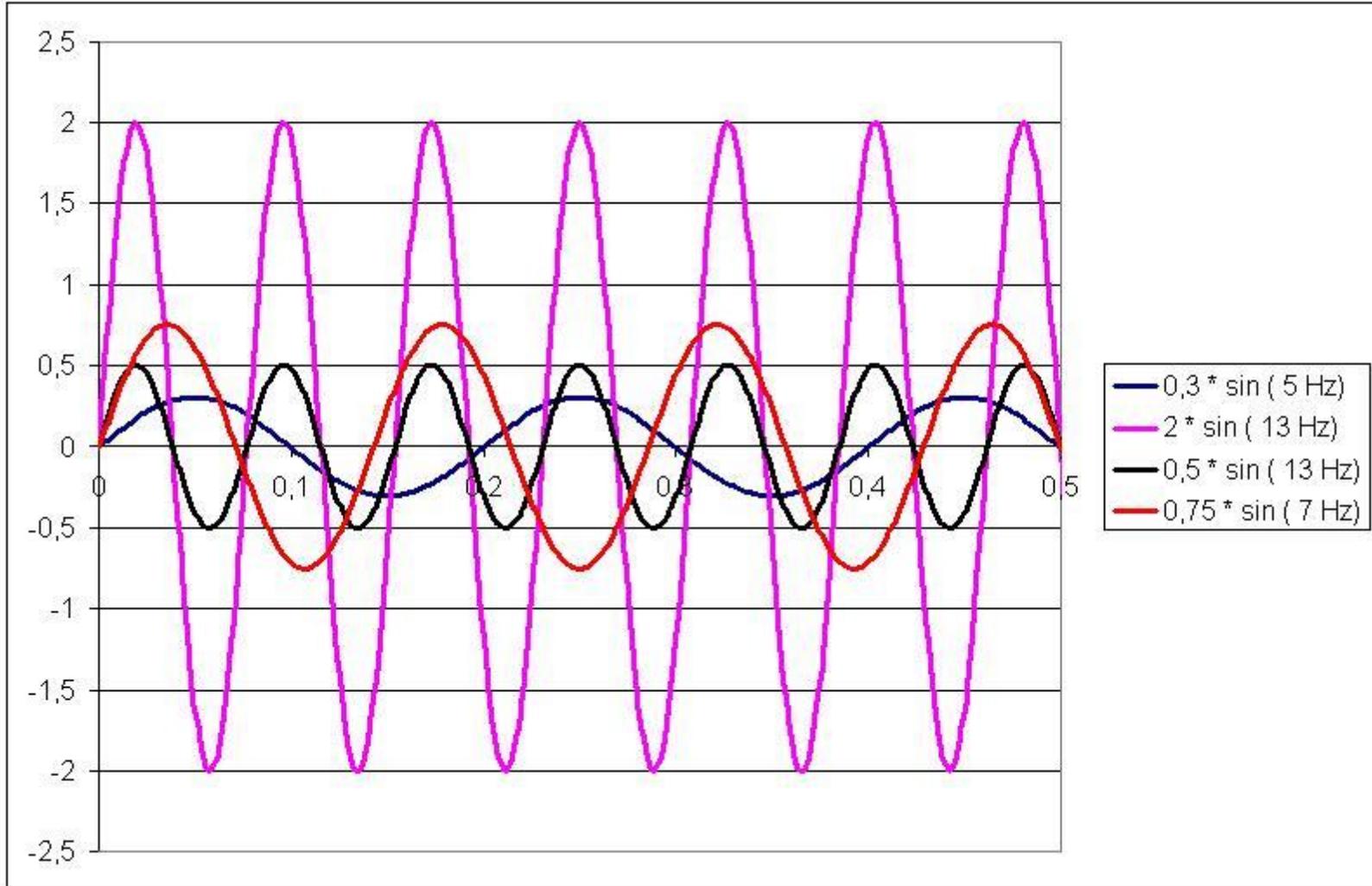
# ZVD – Kurven: ? Frage ?



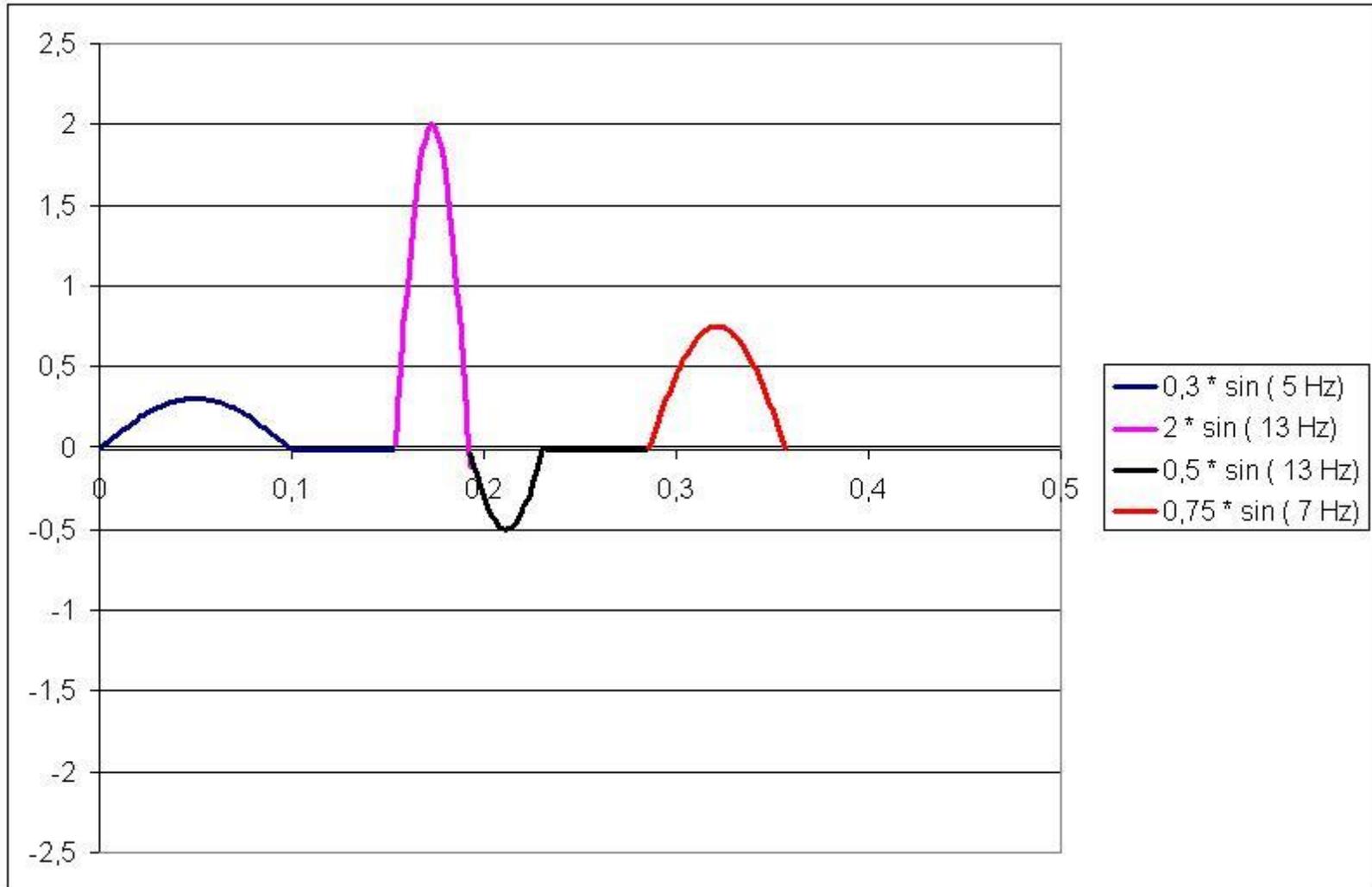
# Elektrokardiogramm (EKG)



# EKG als Sinuswellen?



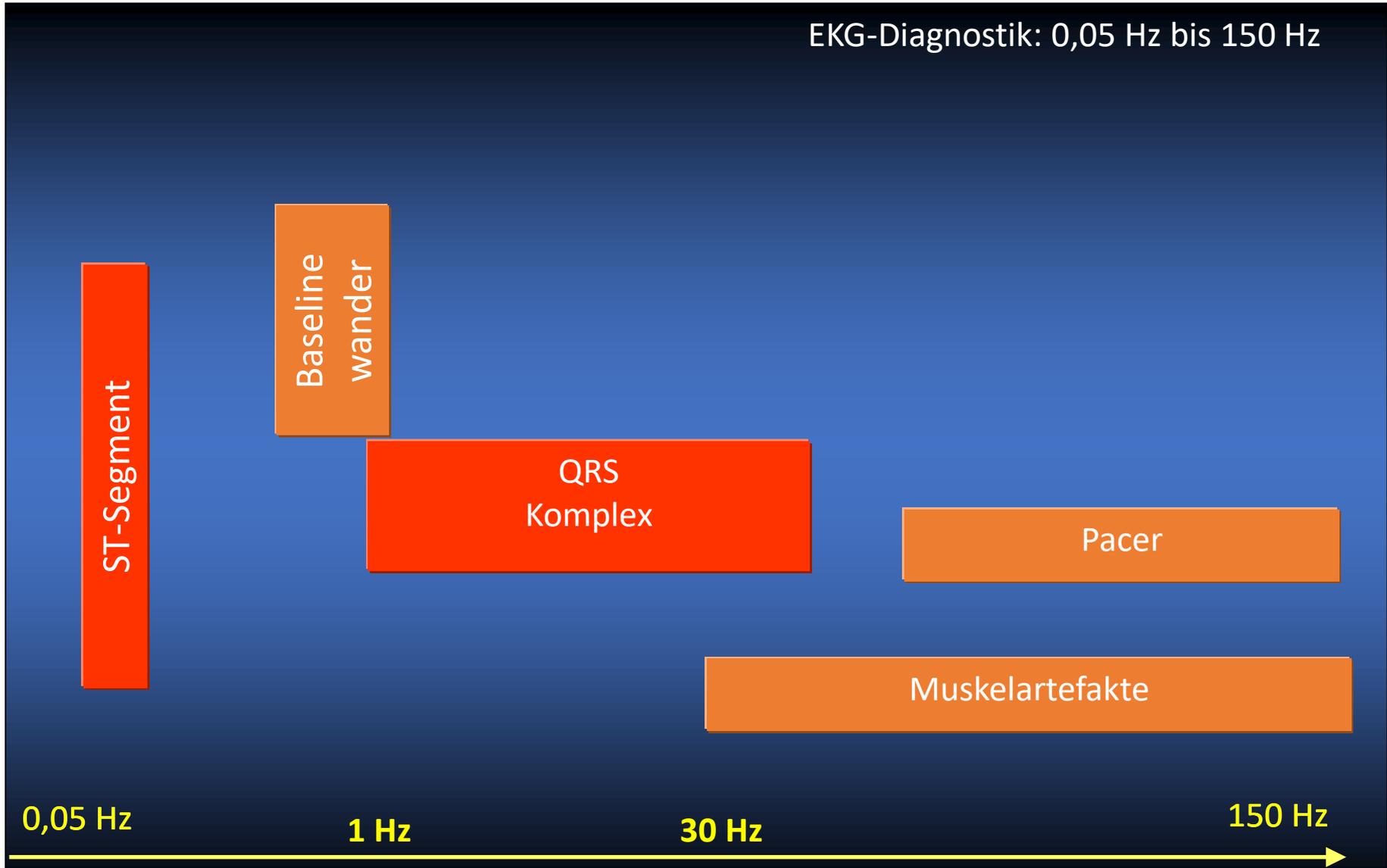
# EKG als Sinuswellen



# EKG: Frequenzspektrum

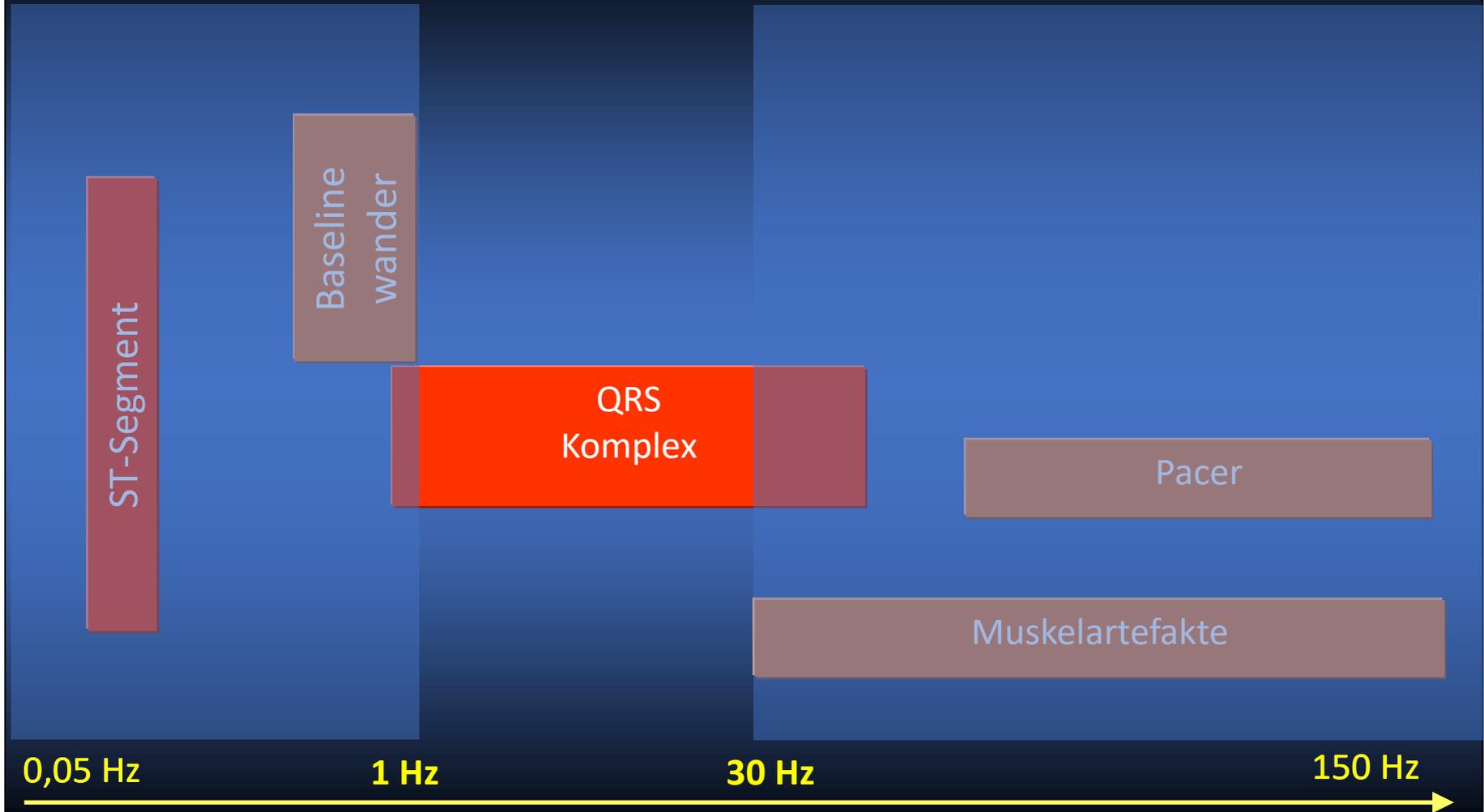
- Achten sie generell immer darauf, auf welches Frequenzspektrum EKG/Monitor eingestellt ist!
- Diagnostischer Modus
  - für Diagnose von ST-Strecken
  - Für Erkennung/Visualisierung von Schrittmacher „spikes“
  - *Nachteil:* Anfällig für Artefakte/Baselinedrift
- Monitoring Modus
  - Artefaktfreiere Rhythmusdiagnostik
  - *Nachteil:* Keine Ischämiediagnostik !!!

# EKG: Monitoring vs. Diagnostik Modus

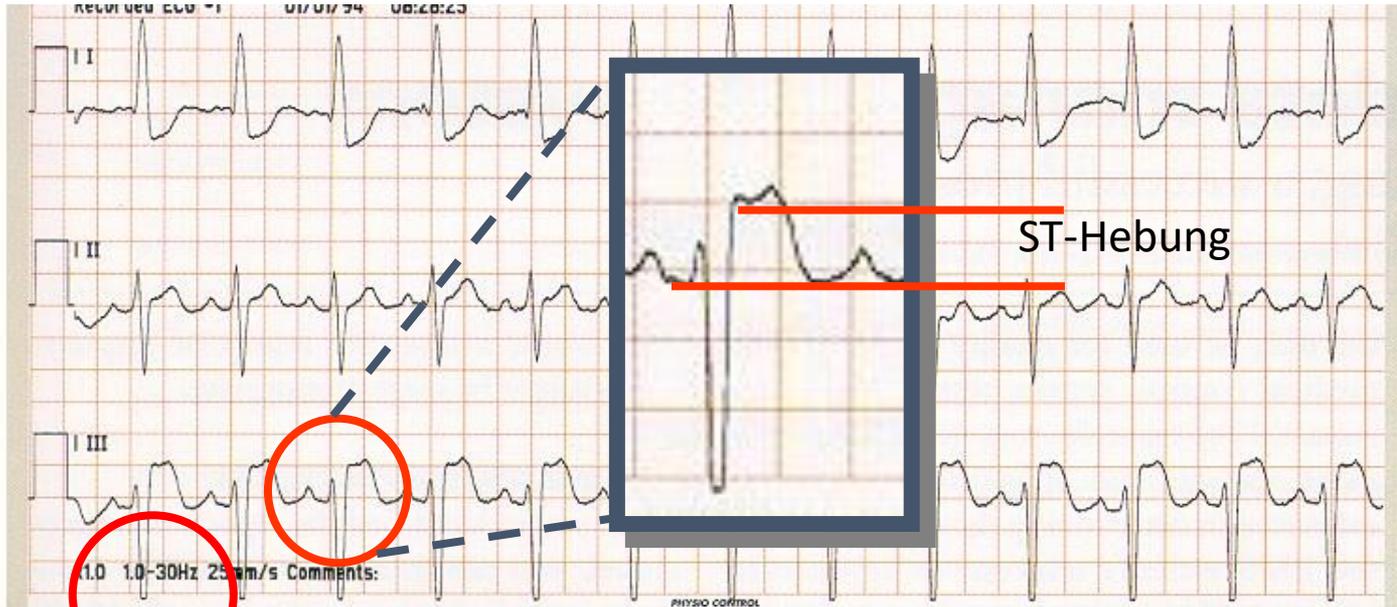


# EKG: Monitoring vs. Diagnostik Modus

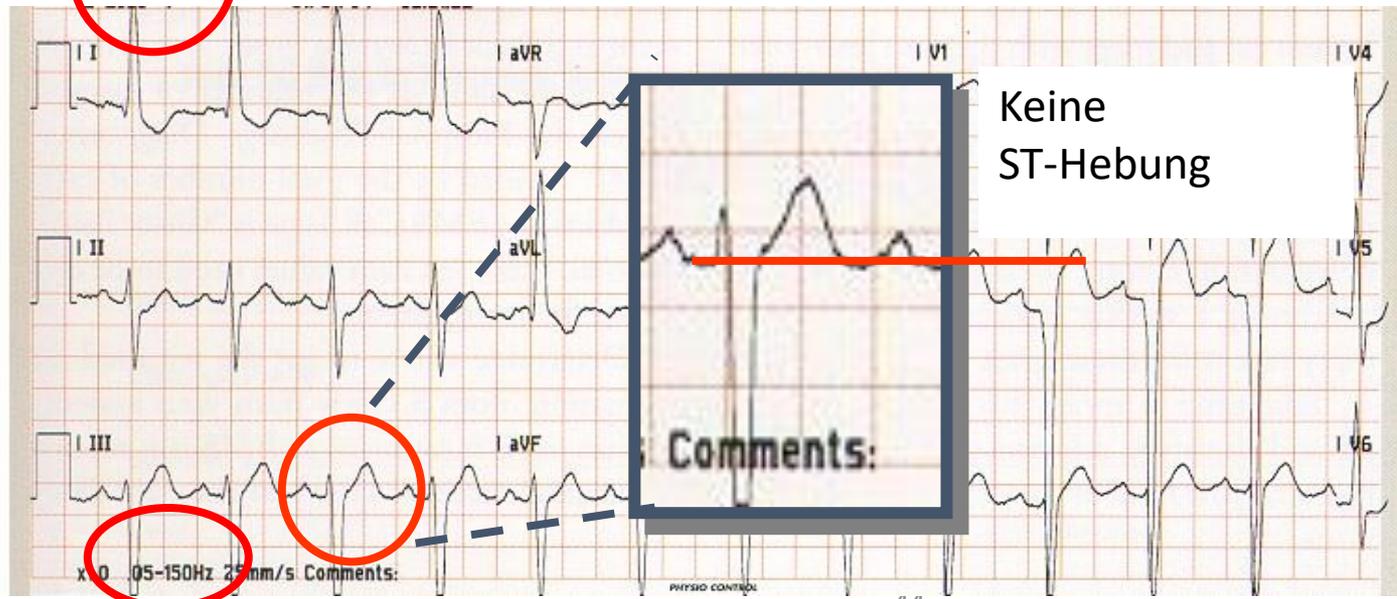
Monitoring: ca. 1 Hz bis 30 Hz



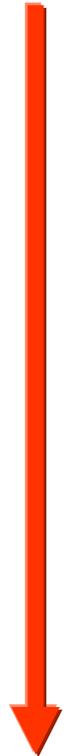
# EKG: Monitoring vs. Diagnostik Modus



Überwachungsmodus  
1 Hz bis 30 Hz



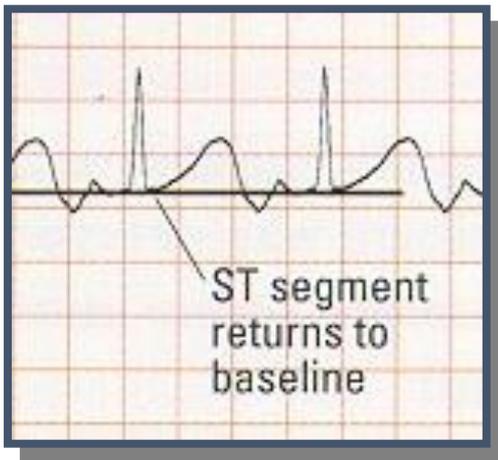
Diagnostikmodus  
0,05 Hz bis 150 Hz



# EKG: Monitoring vs. Diagnostik Modus

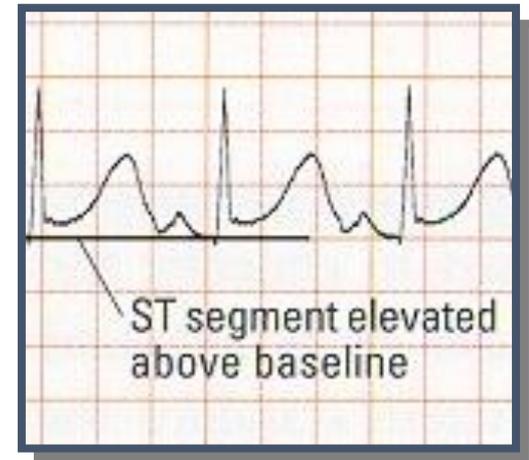
Überwachungsmodus

1 Hz bis 30 Hz



Diagnostikmodus

0,05 Hz bis 150 Hz



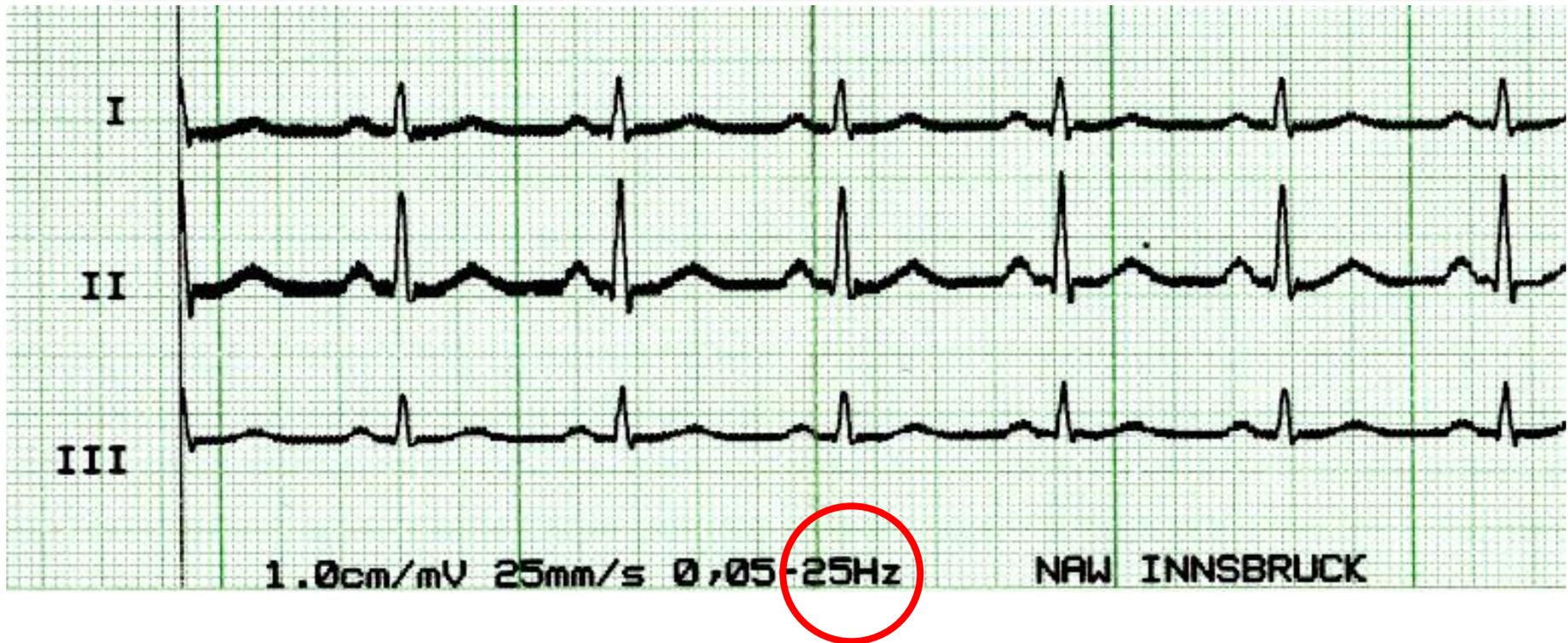
# EKG und ? Interferenz ?

- z.B.: 50 Hz Wechselstromüberlagerung



# EKG und Interferenz

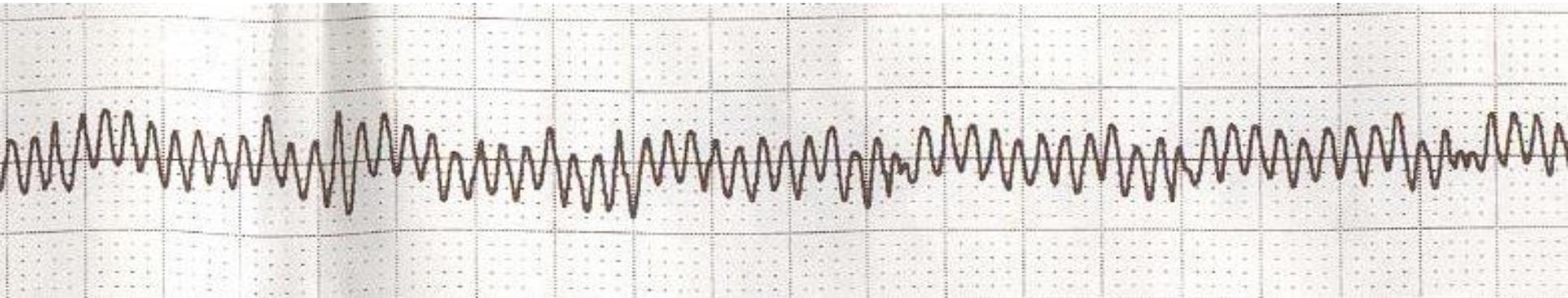
- z.B.: 50 Hz Wechselstromüberlagerung



- z.B.: 50 Hz Filterung

# *Ausnahmsweise mal nicht im OP sondern mit dem NAW/NEF/RTH unterwegs*

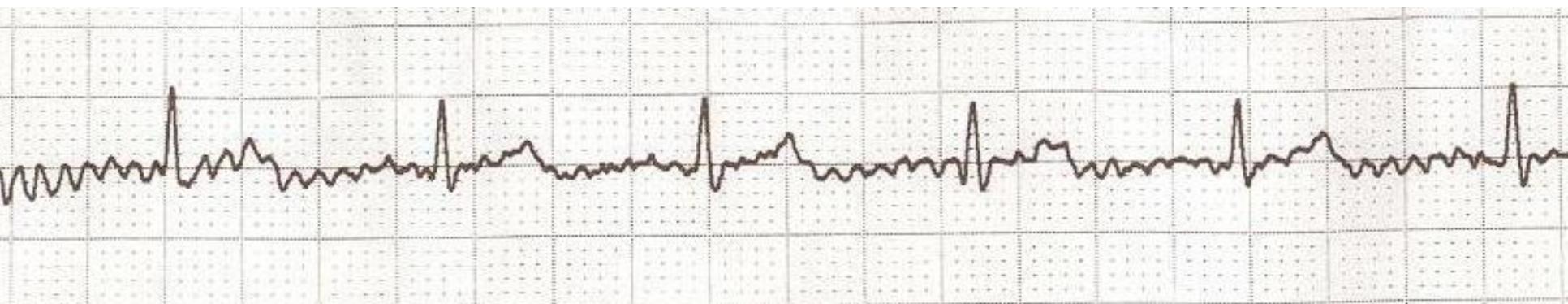
- Reglose Person auf einem Bahnsteig/im Zug
- Ihr Notfall-EKG:



- *Defibrillation Ja/Nein?*

# Notfall-EKG

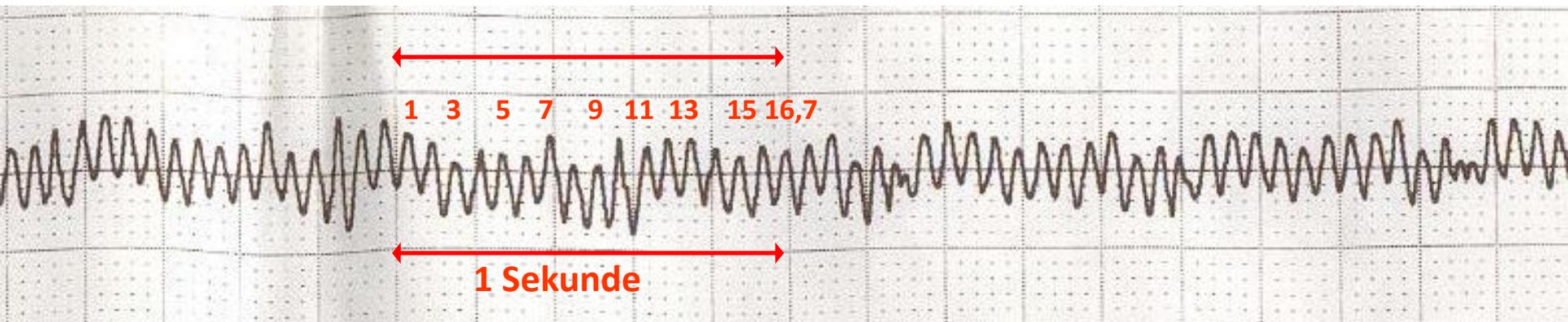
Andere Ableitung:



Puls vielleicht doch vorhanden?

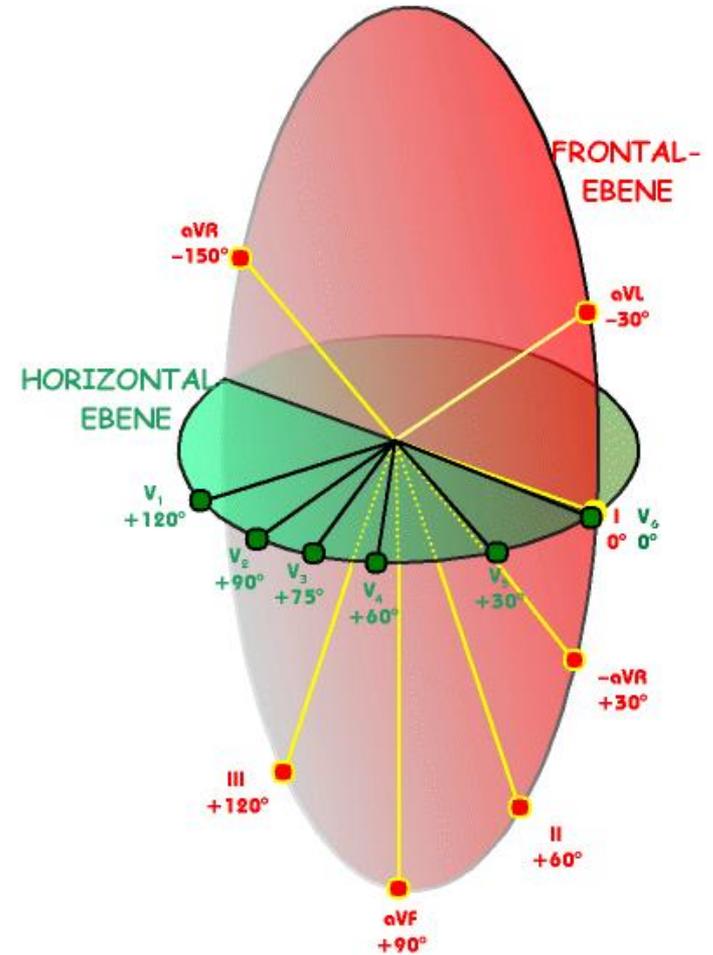
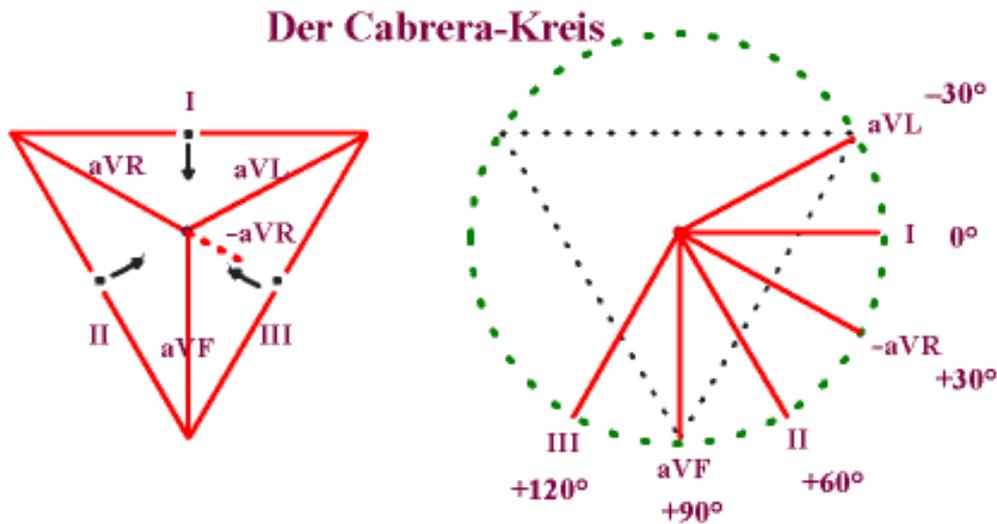
# EKG und 16,7 Hz Interferenz

- Liegt innerhalb der typischen Frequenzbandbreite (1-30 Hz) von jedem EKG Monitor, Defibrillator

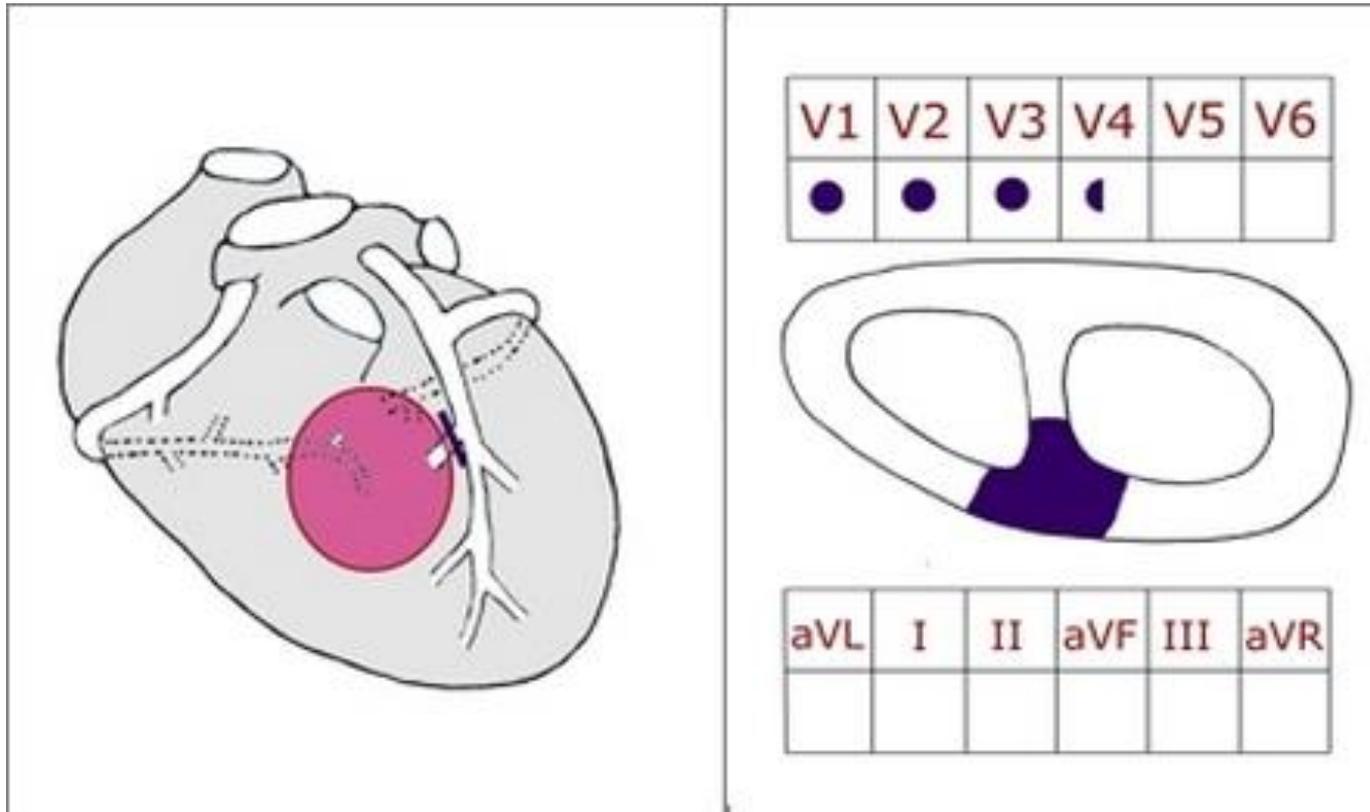


# EKG: Cabrera-Kreis + Brustwand

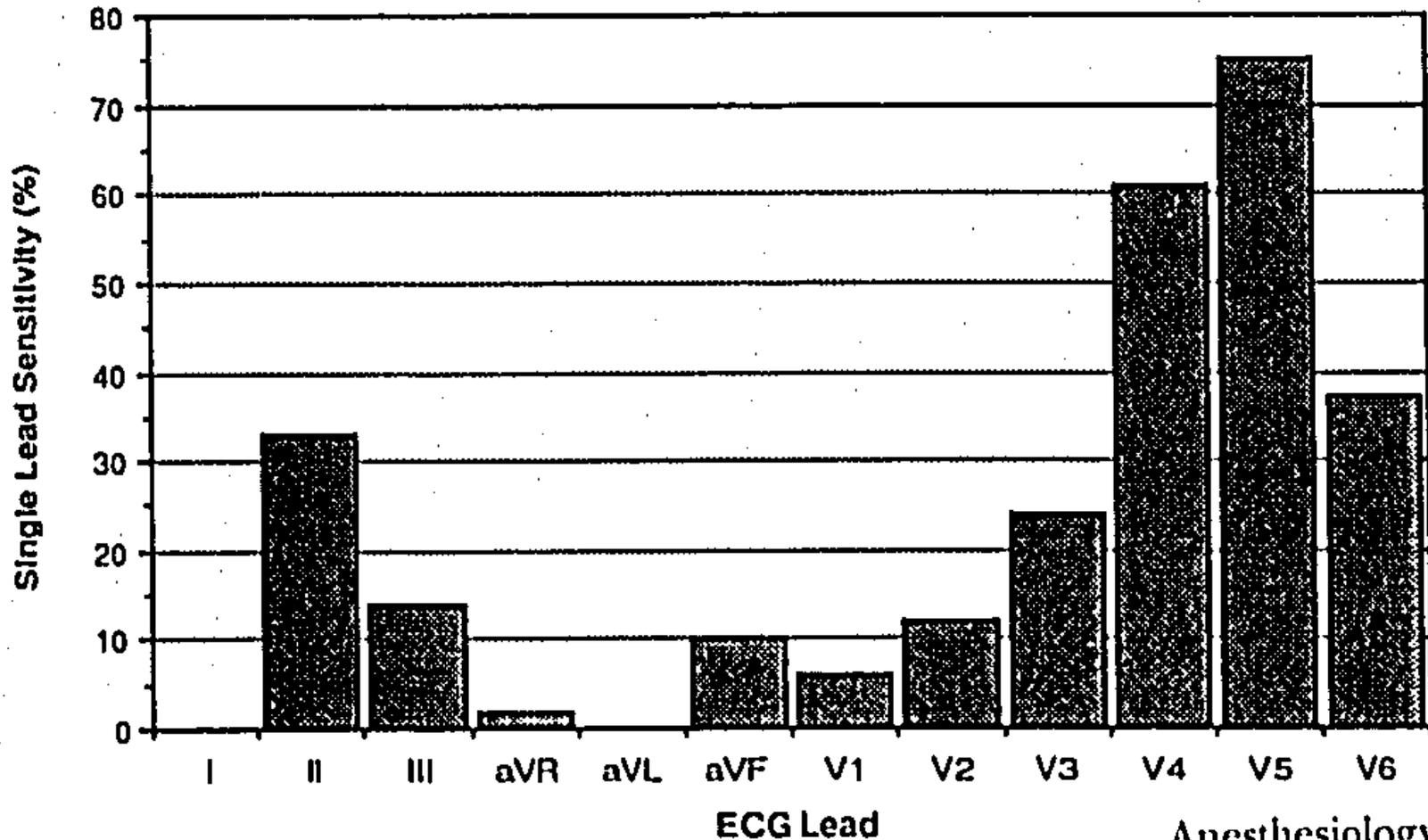
- Einthoven, Goldberger, Wilson



# EKG: Ischaemiediagnostik ?



# EKG: Ischaemiediagnostik ?

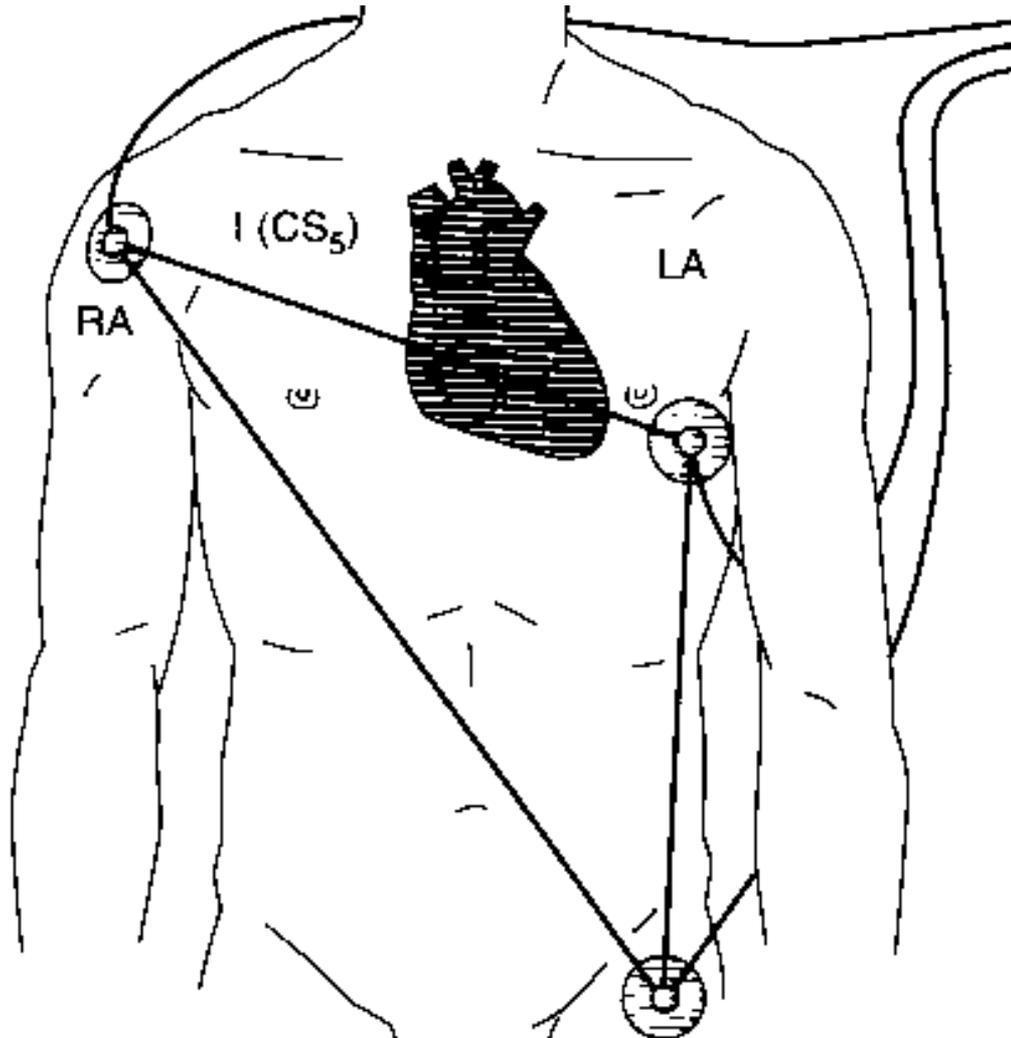


Anesthesiology  
69:232-241, 1988

# EKG: im OP

- Standard: 3-Kanal-EKG = Rhythmus-Monitoring
- Erweitert: 5-Kanal-EKG = Rhythmus + Ischämie-Monitoring mit einer zusätzlichen Brustwandableitung z.B.:  $V_5$
- Option: 3-Kanal-EKG mit
  - Ableitung II → zeigt gut Vorhofaktivität/P-Welle
  - „poor man’s“  $V_5$
- Reinigung der Elektrodenstelle mit Alkohol verbessert den Hautwiderstand

# EKG: „poor man's V<sub>5</sub>”



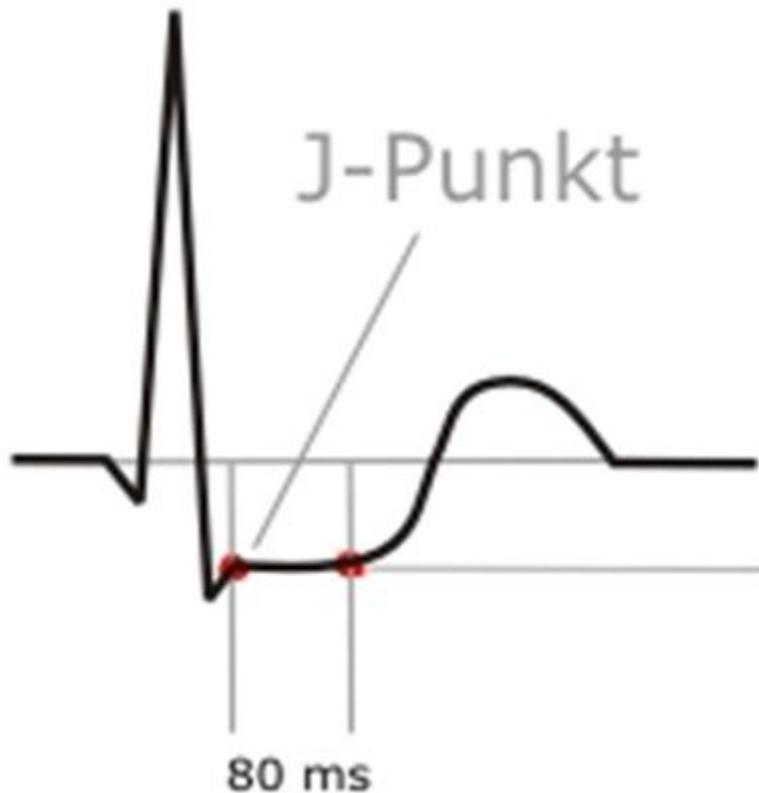
# EKG: „poor man's V<sub>5</sub> + II

- Erkennt:
  - transmurale Ischämien
  - im anterolateralen und inferioren Bereich
- Erkennt NICHT:
  - subendokardiale Ischämien
  - Hinterwand linker Ventrikel

# EKG: 12-Kanal + ST-Streckendiagnostik im OP

- Bei kardialen Risikopatienten
- Wichtig: Definiere Ausgangs-EKG
  - z.B.: Monitorausdruck/Screenshot
    - Standardisierung: 1mV = 10 mm
- Ischämiezeichen: ST-Senkung/Hebung
  - >1mm, 60-80 ms nach dem J-Punkt

# EKG: 12-Kanal + ST-Streckendiagnostik im OP



# EKG: 12-Kanal + ST-Streckendiagnostik im OP

- Bei kardialen Risikopatienten
- Wichtig: Definiere Ausgangs-EKG
  - z.B.: Monitorausdruck/Screenshot
    - Standardisierung: 1mV = 10 mm
- Ischämiezeichen: ST-Senkung/Hebung
  - >1mm, 60-80 sec nach dem J-Punkt
  - T-Wellen Inversion
- ST-Streckendiagnostik schwierig bei:
  - WPW, Schenkelblock, Schrittmacher, Digitalis-Therapie

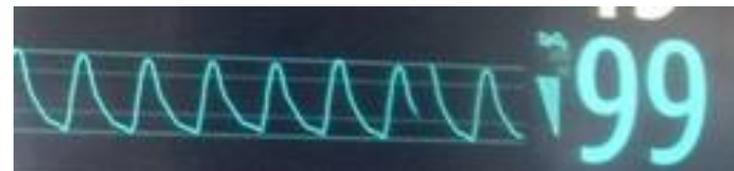
# EKG:                    ? Fragen ?

- Muss zur Beurteilung der ST-Strecke das untere Limit des Frequenzspektrums eines EKGs  $< 0,5$  Hz betragen?
  - JA
  - NEIN
  - ???
- Soll das obere Limit des Frequenzspektrums eines EKGs zur Sichtbarmachung von Schrittmacherspikes 30 Hz überschreiten?
  - JA
  - NEIN
  - ???

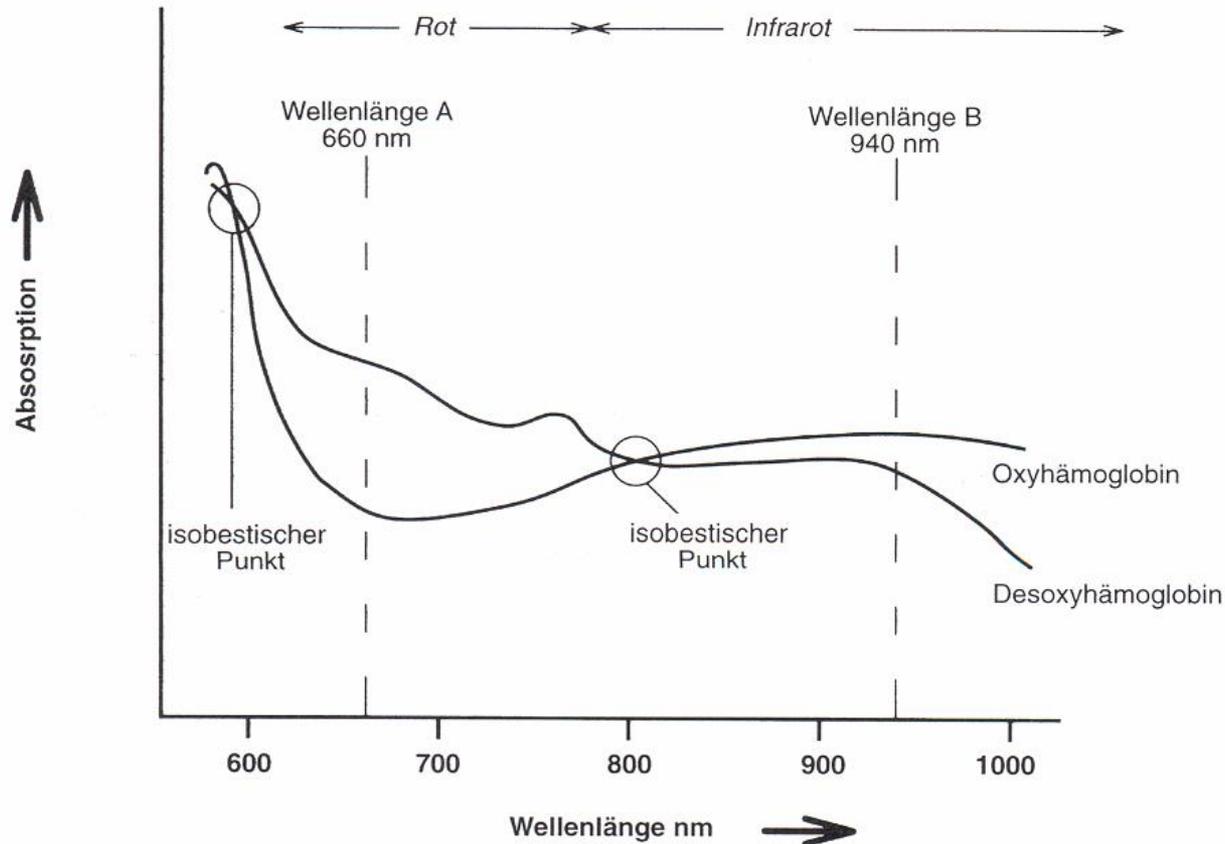
# EKG:                   ? Fragen ?

- Wird eine anteroseptale Ischaemie in den Einthoven und Goldberger Ableitungen abgebildet?  
 JA                    NEIN                    ???
- Hat die Brustwandableitung V5 eine 75% Sensitivität intraoperative Ischaemien zu entdecken?  
 JA                    NEIN                    ???
- Soll die ST-Strecke 90-110 msec nach dem J-Punkt beurteilt werden?  
 JA                    NEIN                    ???

# Pulsoxymetrie (SpO<sub>2</sub>)



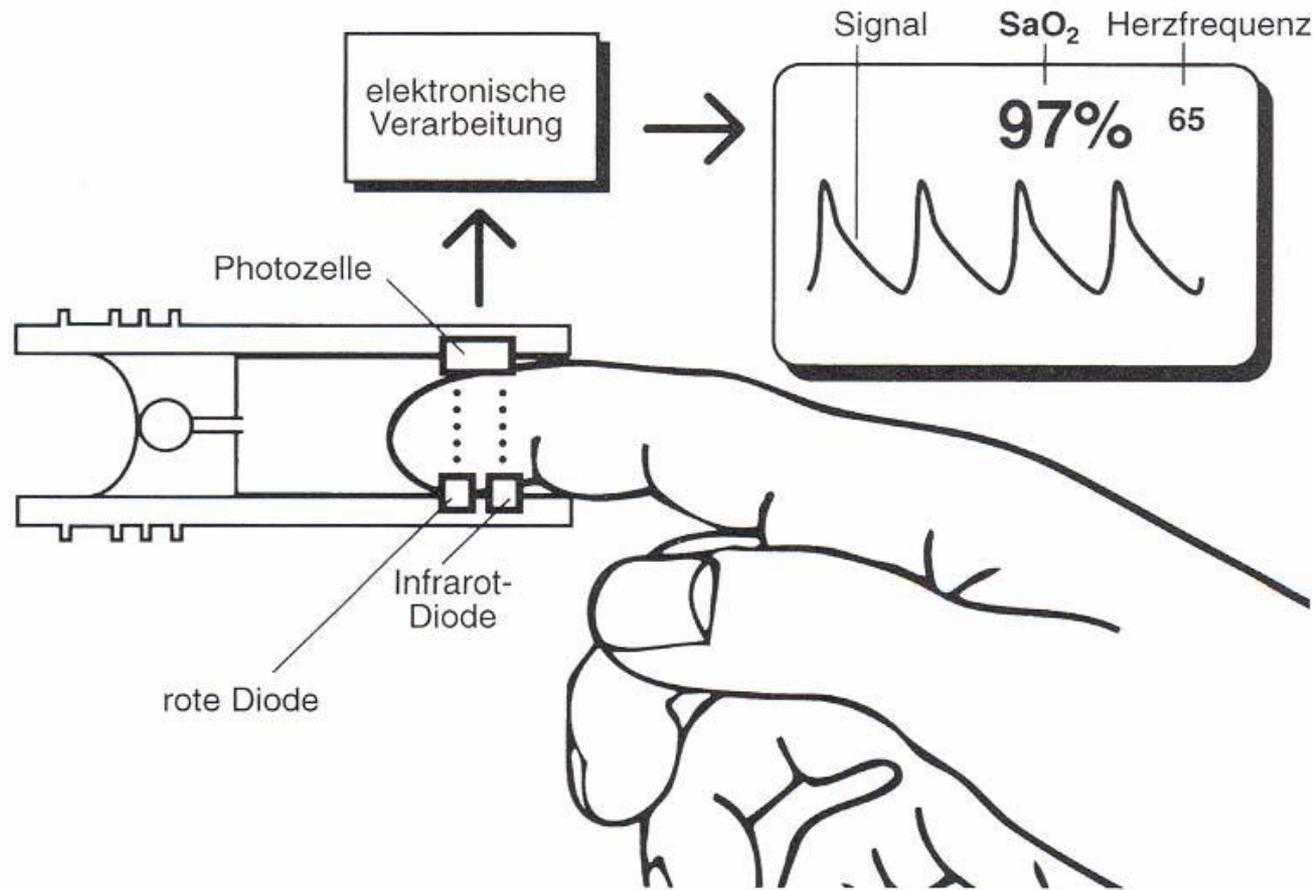
# Pulsoxymetrie: Prinzip



Heck, Fresenius. Repetitorium Intensivmedizin. Springer

- Bei 660nm absorbiert Oxyhämoglobin weniger
- Bei 940nm absorbiert Desoxyhämoglobin weniger

# Pulsoxymetrie: Technik



# Pulsoxymetrie: Technik

- 2 Dioden werden mit kurzen Pausen nacheinander ein- und ausgeschaltet.
- Pausen für Kompensation des Umgebungslichts.
- Umschaltung mehrere hundertmal pro Sek.
- Signal ändert sich zyklisch – pulsabhängige Absorptionsschwankungen werden erfasst – Mikroprozessor analysiert die Änderungen der Absorption und trennt arterielle Signale von Gewebesignalen – Detektion des arteriellen Blutflusses.
- Nur 2 Dioden: daher werden CO-Hb und Met-Hb mitgemessen

# Pulsoxymetrie: ? Fragen ?

- Basiert die Pulsoxymetrie auf dem Beer-Lambert'schen Gesetz der Lichttransmission.

JA

NEIN

???

- Verursacht eine Mitralinsuffizienz einen Messfehler?

JA

NEIN

???

- Verursacht eine Aortenstenose einen Messfehler?

JA

NEIN

???

- Verursacht eine Trikuspidalinsuffizienz einen Messfehler?

JA

NEIN

???

# Pulsoxymetrie: Messfehler

- Carboxy-Hb: Absorptionskoeffizient von CO-Hb entspricht O<sub>2</sub>-Hb -> Pulsoxymeter identifizieren CO-Hb als O<sub>2</sub>-Hb -> falsch hohe Sättigung.
  - z.B.: CO-Konzentration 70% → SpO<sub>2</sub> 90% aber SaO<sub>2</sub> 30%
- Messfehler bei Met-Hb:
  - Met-Hb 30% → SpO<sub>2</sub> > 85% SpO<sub>2</sub>
- Ungenügende Pulsationen (Hypotonie, pAVK)
- Hypothermie (<35°C falsch hohe Werte, <26,5°C keine Messung möglich)

# Pulsoxymetrie: Messfehler

- Anämie, Hämodilution: Messfehler bei sehr niedriger Hb-Konzentration (fehlende Eichkurven)
- Lipide: absorbieren Licht → falsch niedrige Sättigung
- Farbstoffe: Indocyaningrün, Methylenblau, Indigokarmin: falsch niedrige Werte
- Bewegungsartefakte (Rettungsauto, Hubschrauber)
- Lichtartefakte (Rotorblatt-Schatten)

# Pulsoxymetrie: Messfehler

- Umgebungslicht:
  - Xenonlicht, fluoreszierendes Licht: falsch hoch
  - Infrarotes Licht: falsch niedrig
- Nagellack:
  - Blau, grün, schwarz: falsch niedrig
  - Rot, purpur: kein Einfluss

# Pulsoxymetrie: Messfehler

## Falsch hohe Werte

- CO-Hb
- Met-Hb
- Xenonlicht
- fluoreszierendes Licht

## Falsch niedrige Werte

- Hypotonie
- Infrarotes Licht
- Farbstoffe
- Nagellack
  - Blau, Grün, Schwarz
- Onychomykose
- Lipidlösungen i.v.  
Parenterale Ernährung

# Pulsoxymetrie:                    ? Fragen ?

- Verursacht Hb-F einen Messfehler?

JA                     NEIN                     ???

- Verursacht roter Nagellack einen Messfehler?

JA                     NEIN                     ???

- Verursacht schwere Anämie einen Messfehler?

JA                     NEIN                     ???

- Verursacht schwere Hypoxie einen Messfehler?

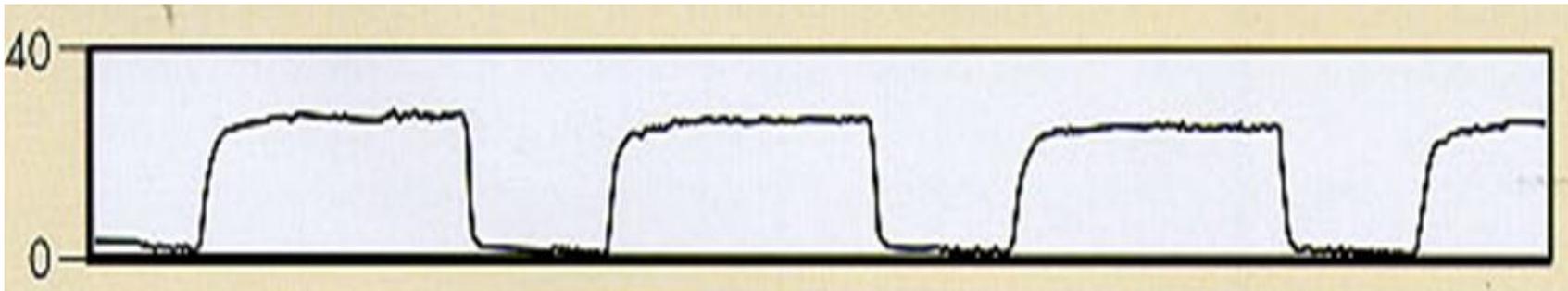
JA                     NEIN                     ???

Verursacht ein Ikterus einen Messfehler?

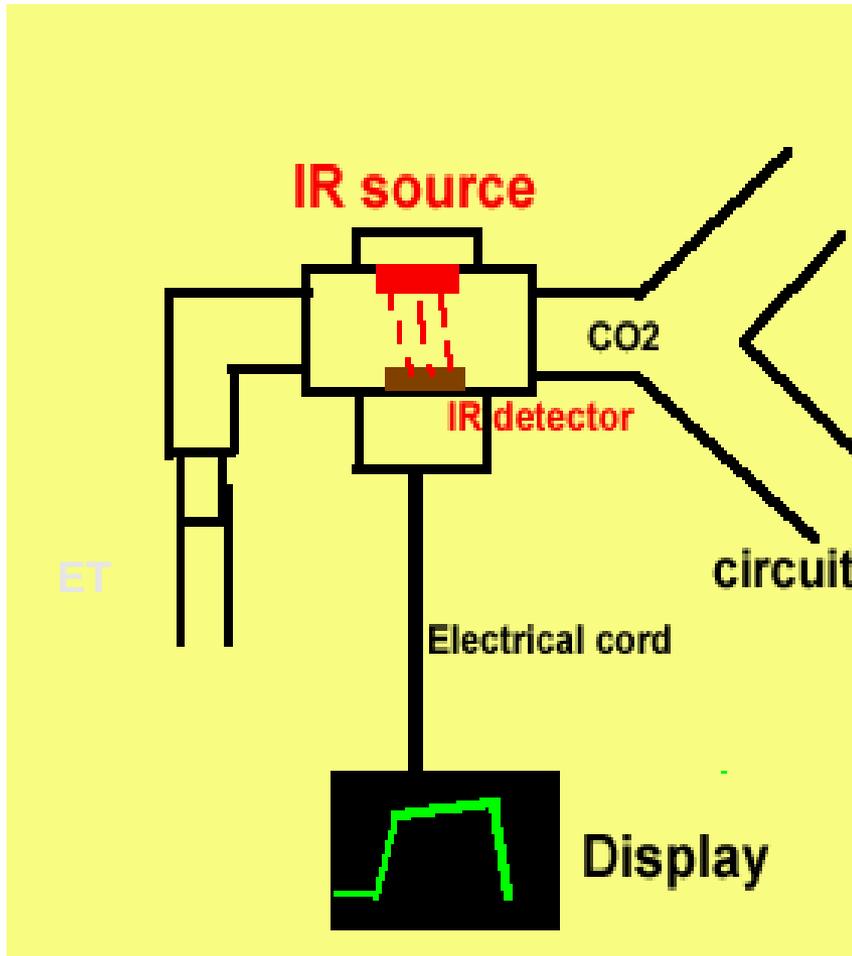
JA                     NEIN                     ???

# Kapnographie/metrie

- capnos (griech.) = Rauch
- graphie (griech.) = bildliche Darstellung
- metrie (griech.) = Messung, zahlenmäßige Darstellung



# Kapno: Hauptstrommessung



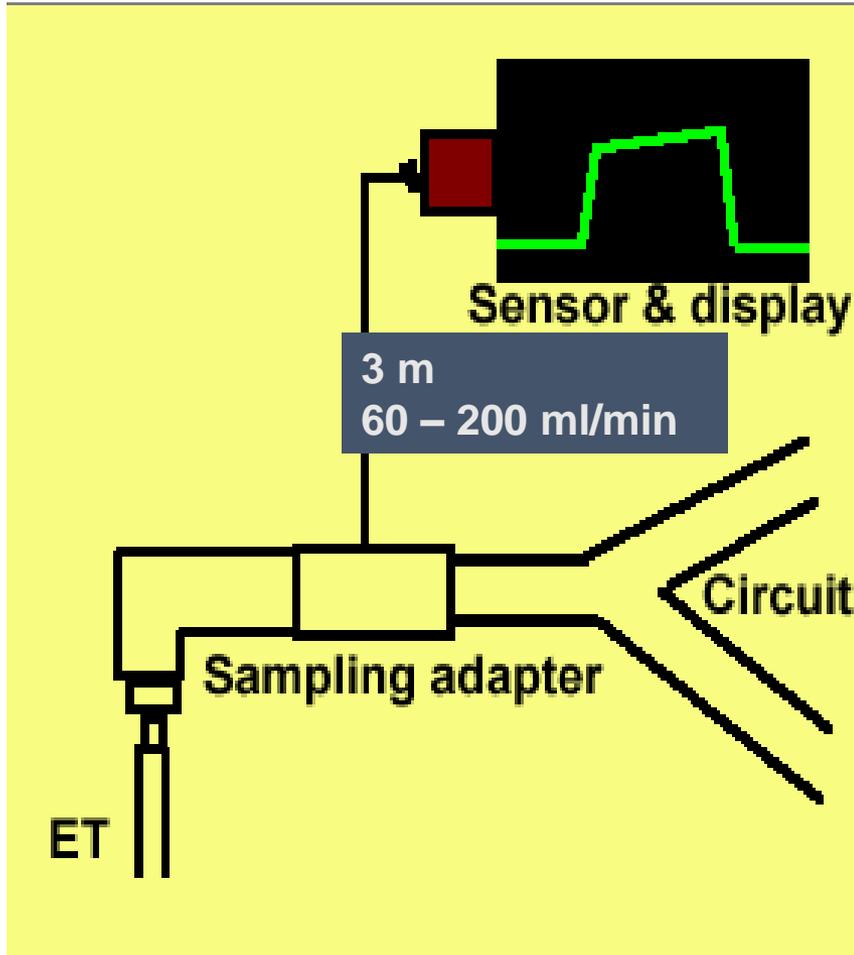
## Vorteil:

- rasche patientennahe Messung

## Nachteile:

- Erwärmung (39° C, Vermeidung des Beschlagens der Messküvette mit Wasserdampf),
- Gewicht
- Verunreinigung (Sekret, Blut etc. -> Messfehler)
- Reparaturanfälligkeit, Lagerung

# Kapno: Nebenstrommessung



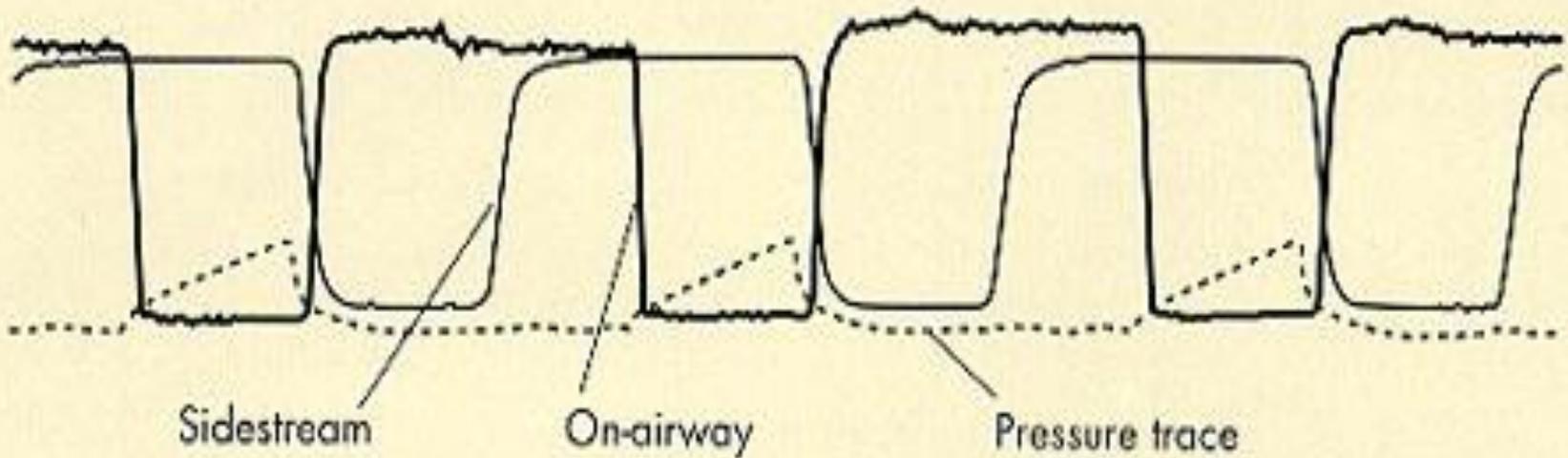
## Vorteil:

- Gewicht, geringe Reparaturanfälligkeit

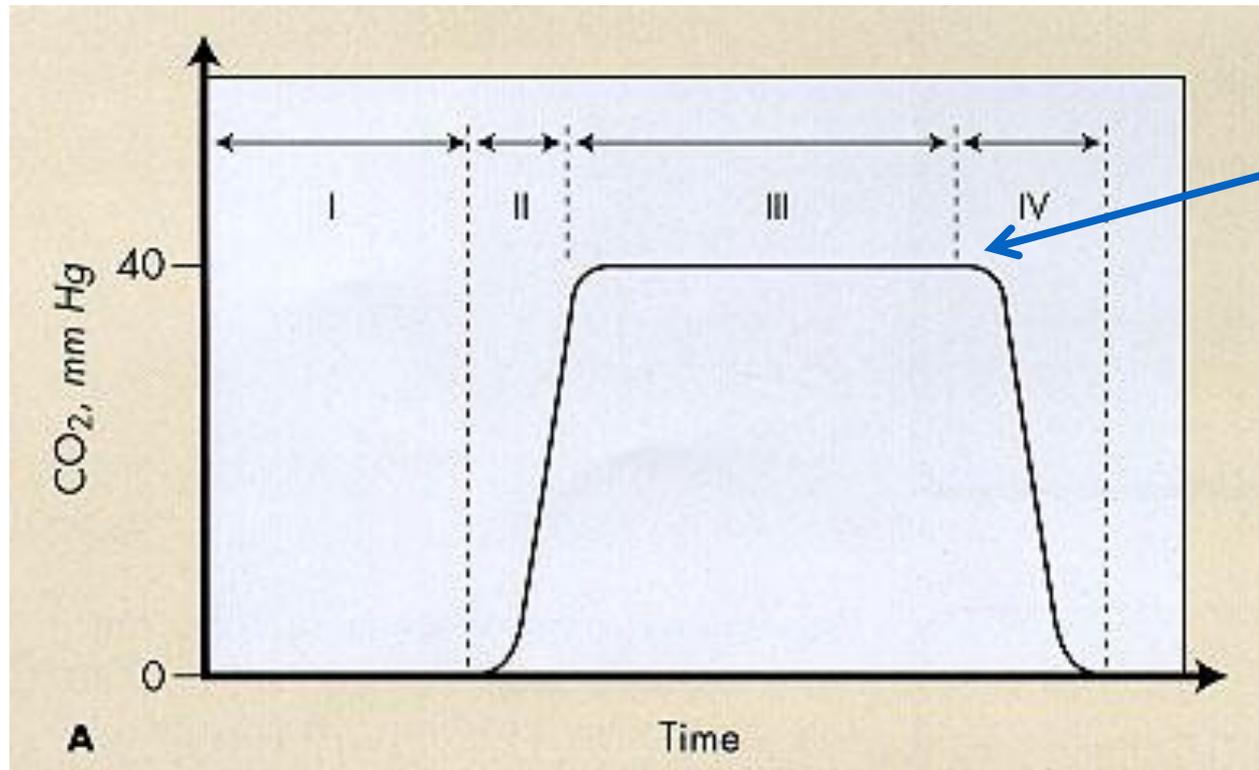
## Nachteile:

- verzögerte Ansprechzeit,
- Obstruktion der Gasleitung,
- Messfehler bei hoher AF + kleinen  $V_t$  (Babies)
- Wasserfalle

# Haupt-Nebenstrom-Kapnographie



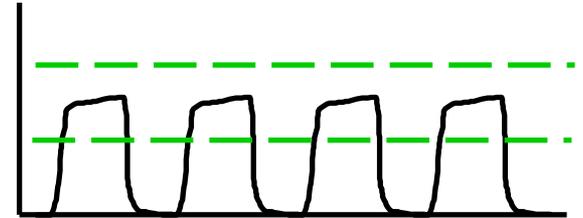
# Phasen des Kapnogramms



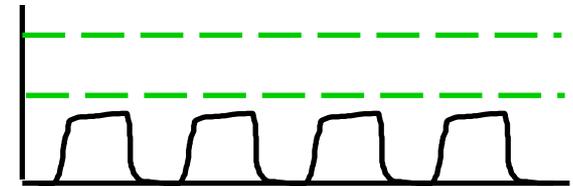
- I Inspiration
- II Beginn der Expiration
- II Plateau
- IV Ende der Expiration

# Beurteilung der gemessenen Werte

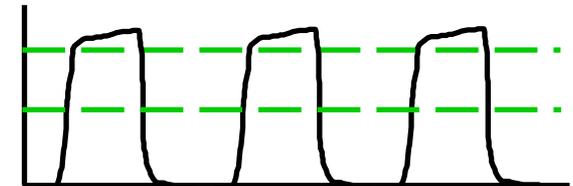
- Normokapnie  
35 – 45 mm Hg bzw. 4,5 – 6 Vol%



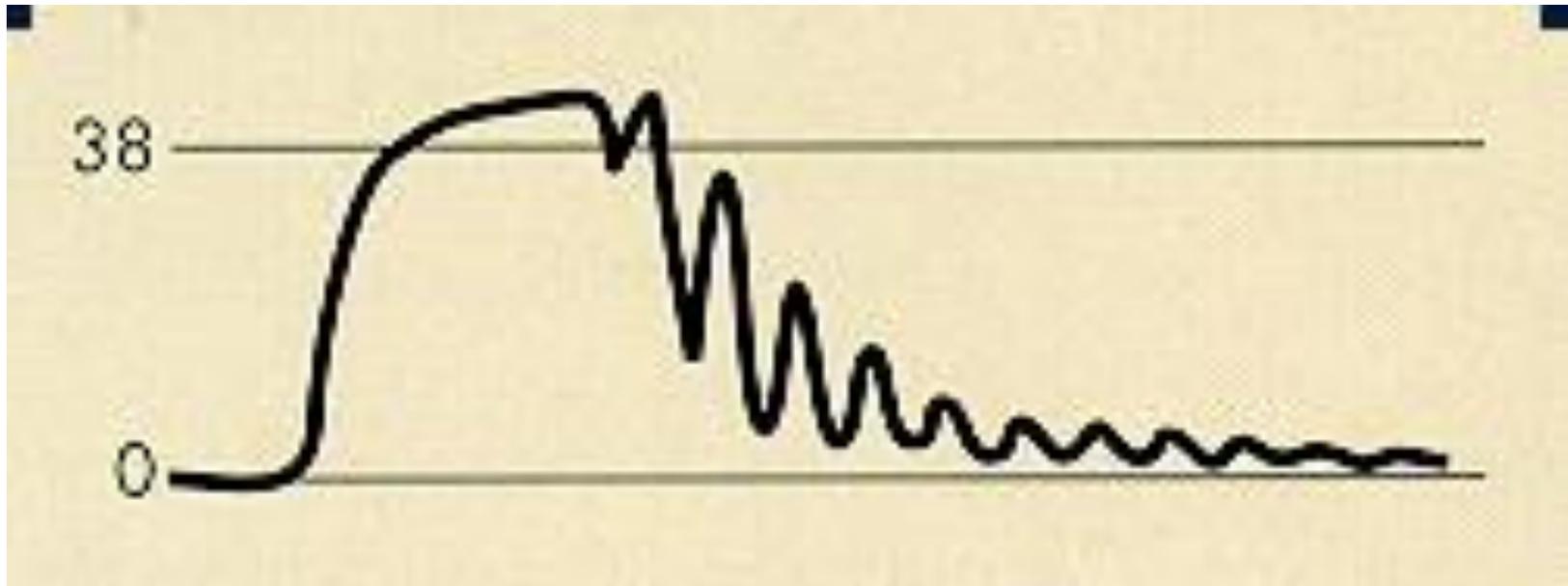
- Hypokapnie  
< 35 mm Hg bzw. < 4,5 Vol%



- Hyperkapnie  
> 45 mm Hg bzw. > 6 Vol%

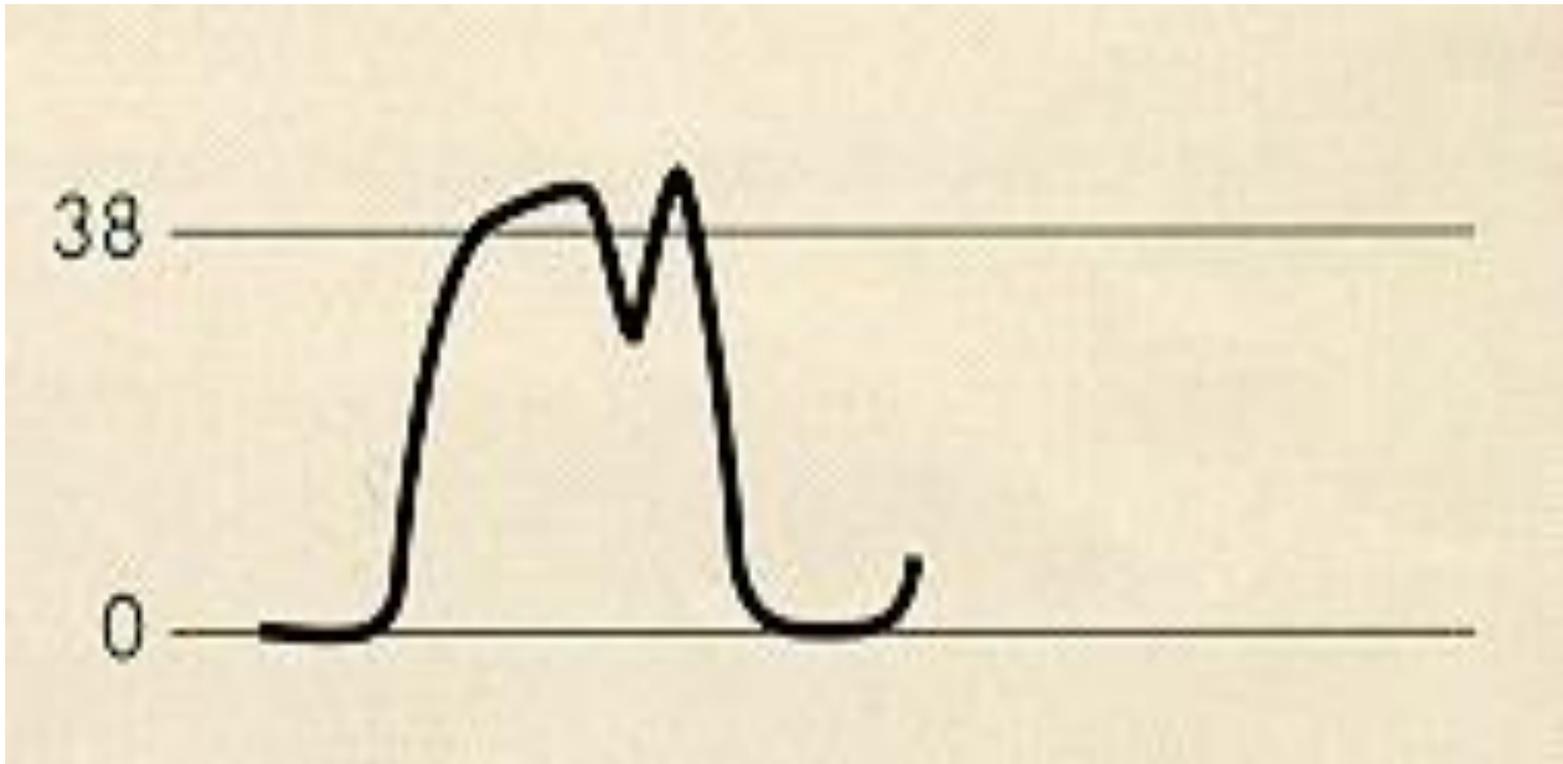


# Kapnographie-Kurven



- Kardiogene Oszillationen
  - typisch bei kleinen Tidalvolumina
  - niedriger Atemfrequenz

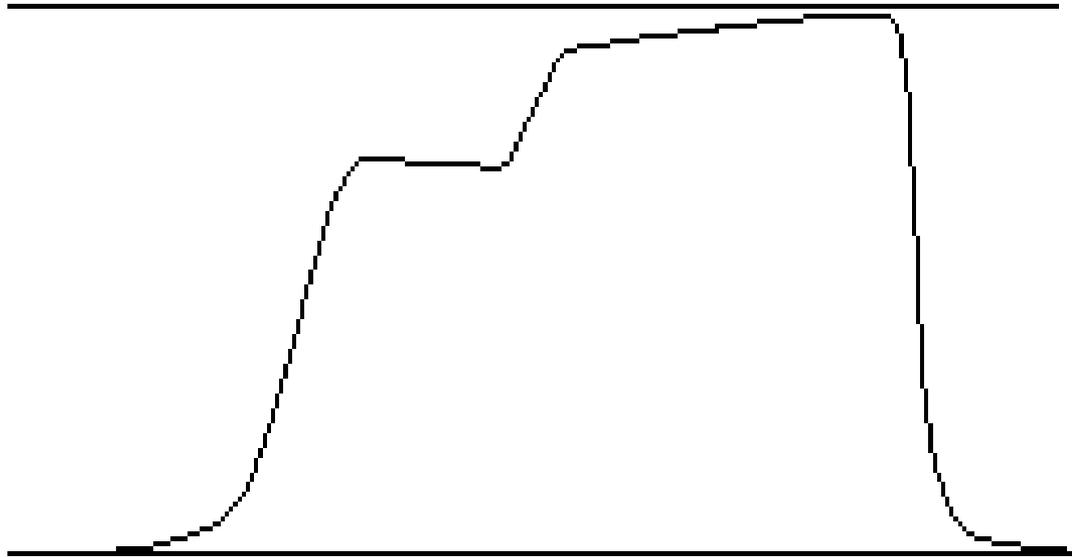
# Kapnographie-Kurven



Singultus

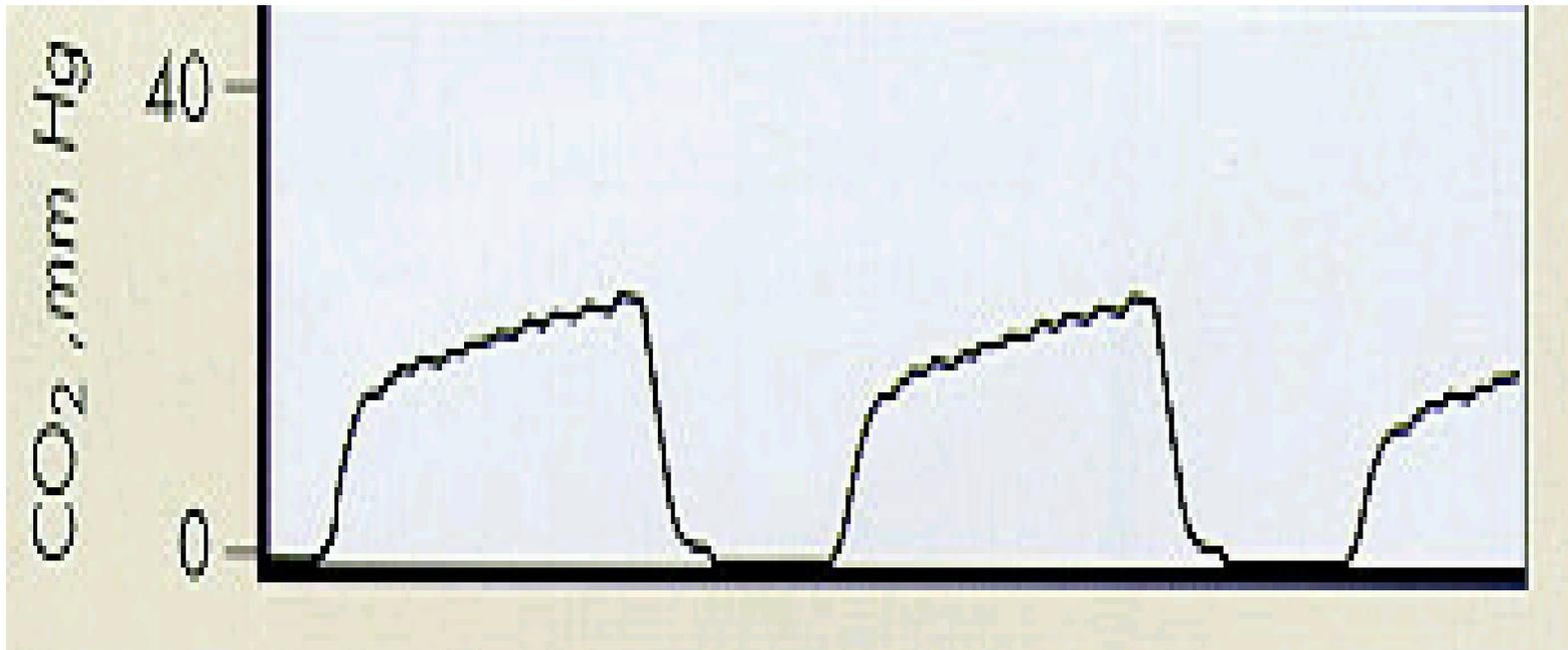
Spontanatmung

# Kapnographie-Kurven



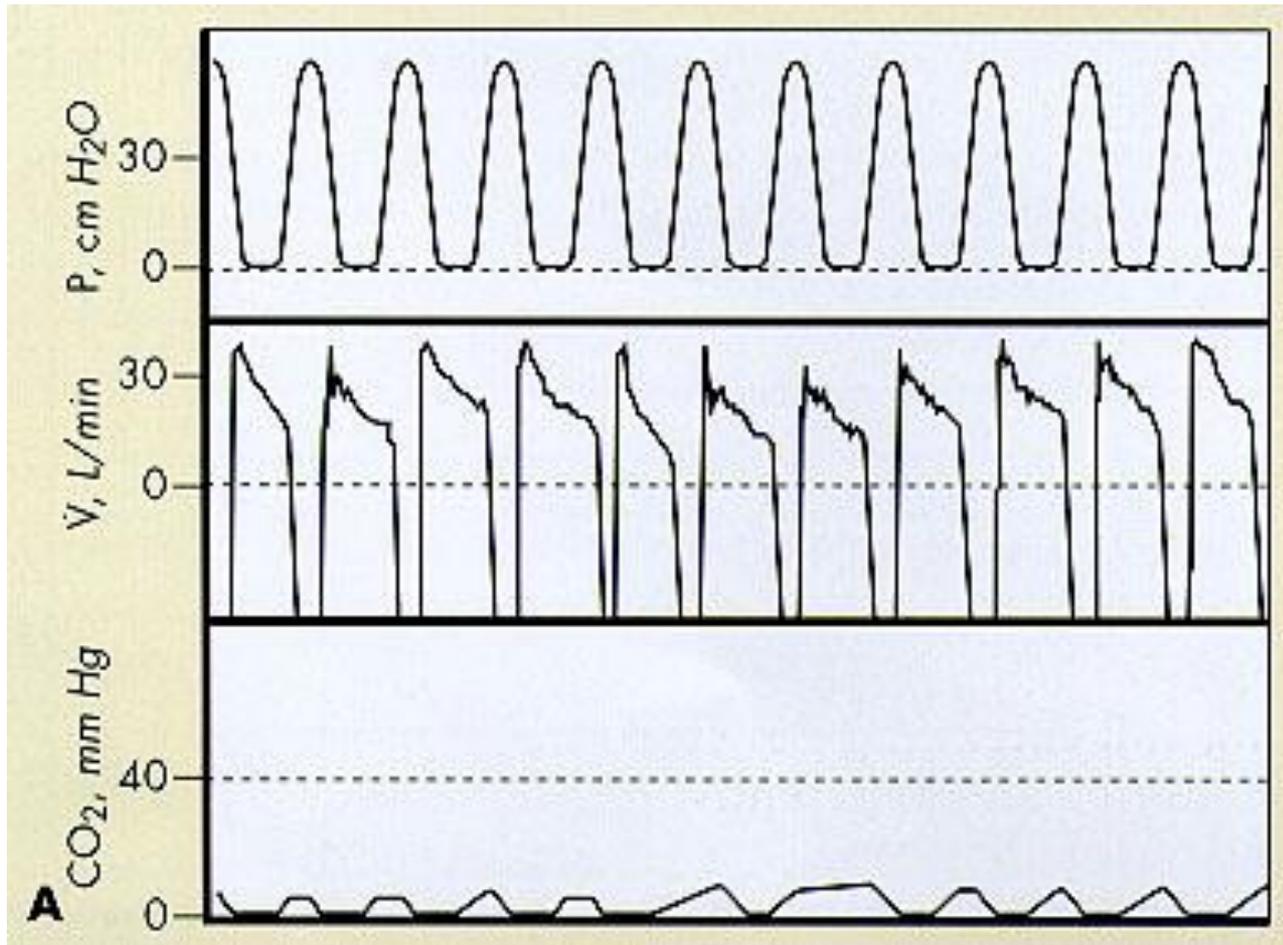
Undichter, oder geknickter Probenschlauch

# Kapnographie-Kurven



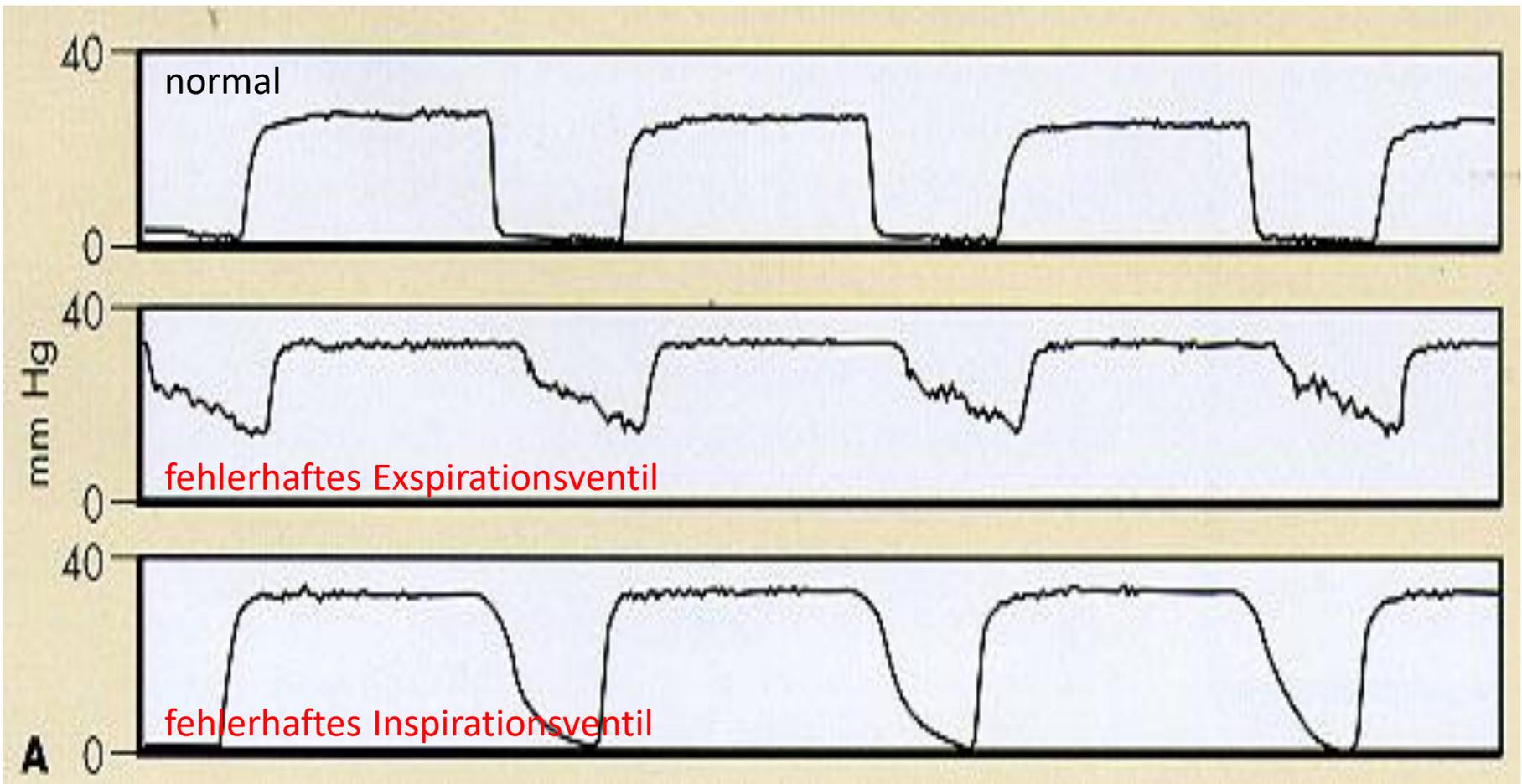
Obstruktive Lungenerkrankung

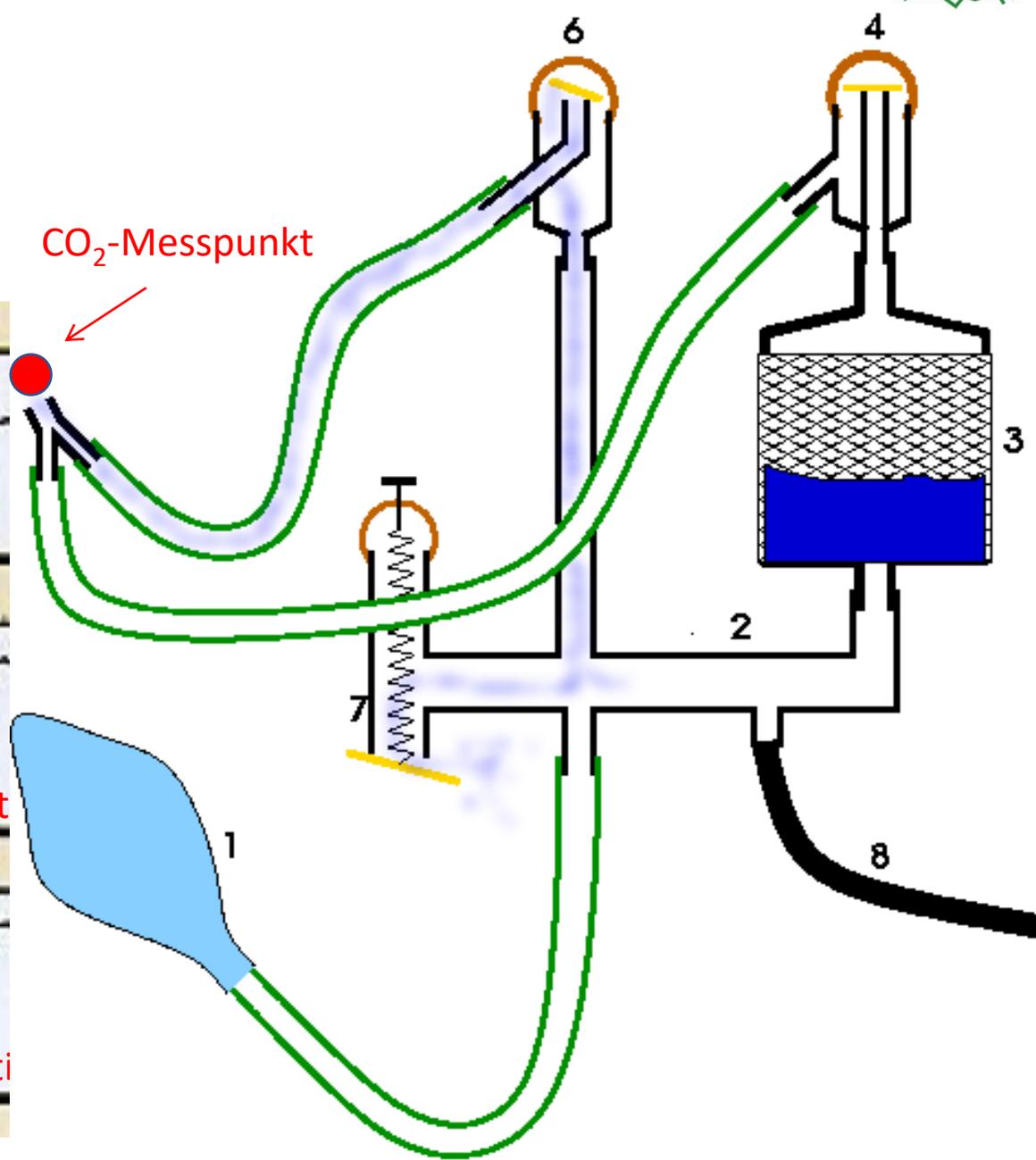
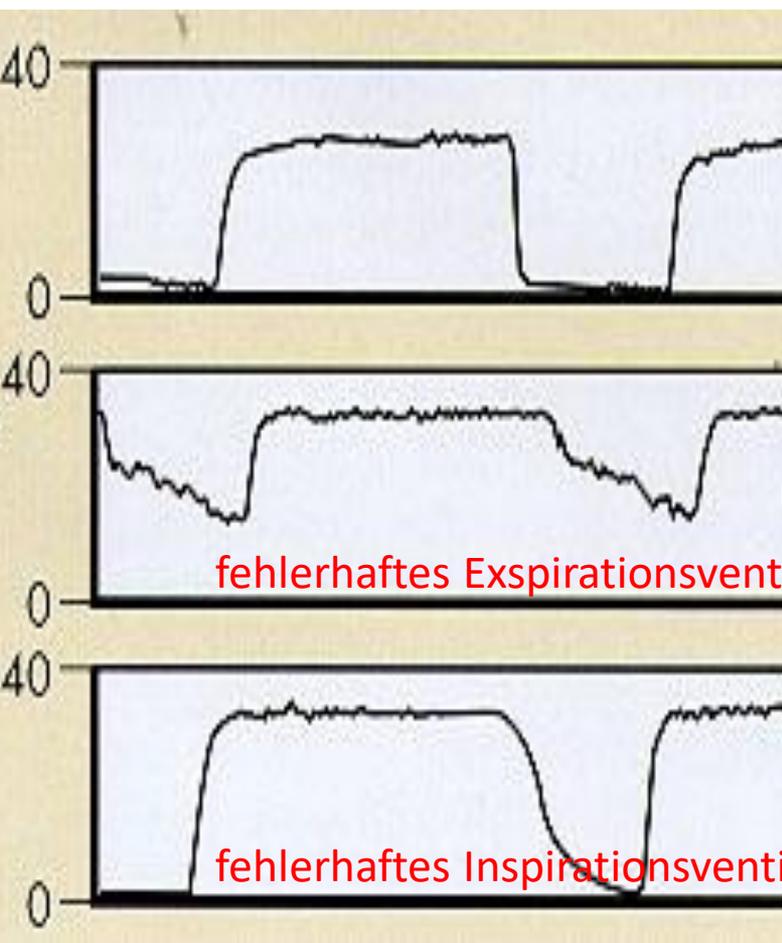
# Kapnographie-Kurven



Herzstillstand + CPR

# Kapnographie-Kurven





fehlerhaftes Expirationsventil

fehlerhaftes Inspirationsventil

# Kapno: ? Fragen ?

- Sind alle drei, die Infrarot-absorptionsmessung, die Gas-Chromatographie und der Interferometer geeignet um CO<sub>2</sub> zu messen?

JA

NEIN

???

- Ist eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Baseline im Nebenstromverfahren bei Säuglingsnarkosen normal?

JA

NEIN

???

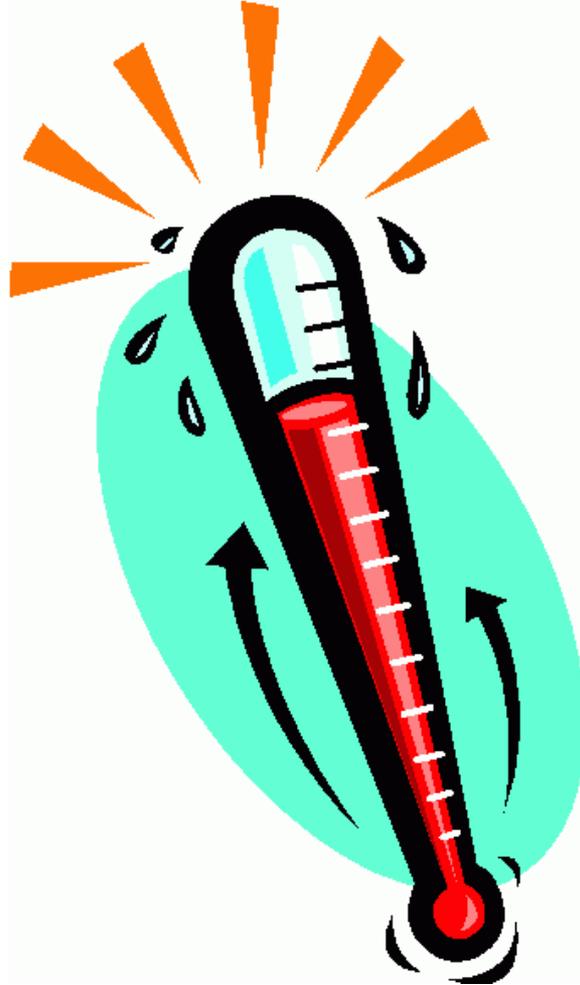
- Kann eine ösophageale Intubation CO<sub>2</sub>-Werte anzeigen?

JA

NEIN

???

# Temperatur-Monitoring



# Temperaturmonitoring

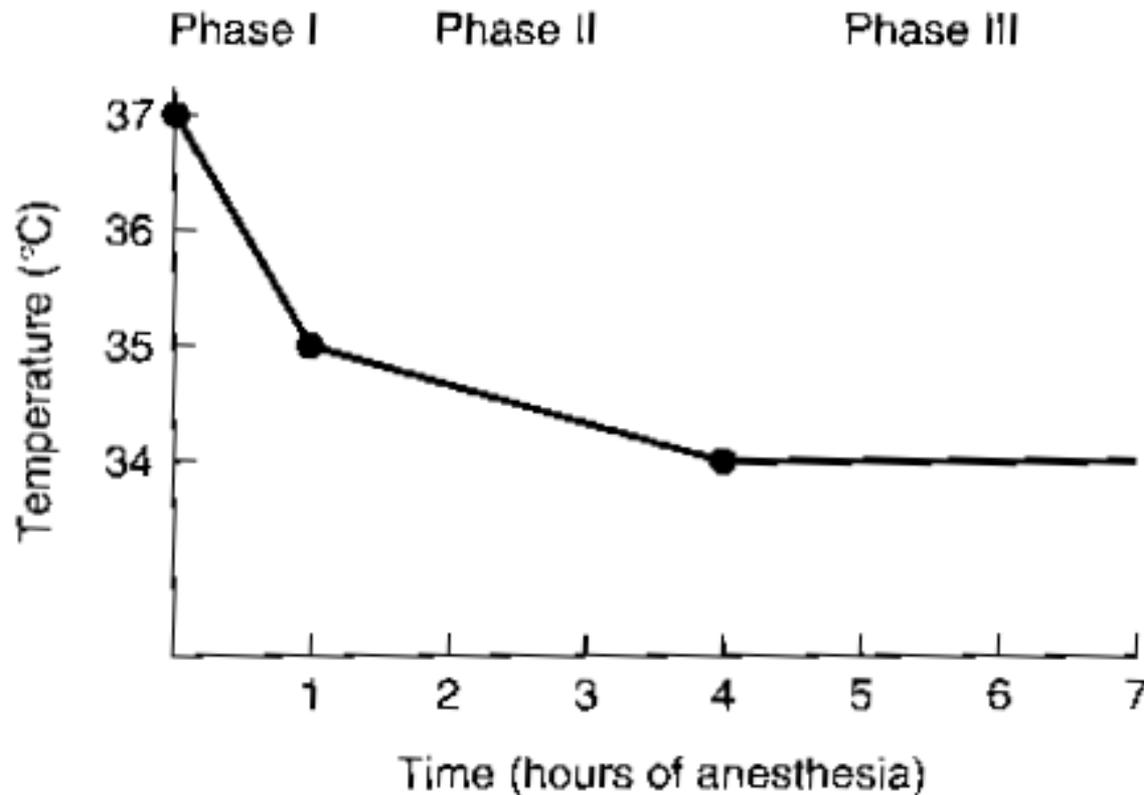
- Thermistor:
  - Widerstandsveränderung
  - Träge Reaktion
- Thermoelement:
  - Potentialdifferenz zw. zwei Metallen
  - Schnelle Reaktion
  - Braucht Gegenelektrode mit konstanter Temperatur

# Temperaturmonitoring

- Typische Meßpunkte:
  - Haut
  - (Naso)Pharynx (**Cave Epistaxis**)
  - Blase
  - Ösophagus
  - Rektum (langsame Veränderung)
  - Tympanon (Gehirntemperatur, **Cave Ruptur**)
  - Intravasale Katheter (z.B. Pulmonalkatheter)

# Anästhesie und Thermoregulation

- Temperaturabfall in 3 Phasen



# Warum Temperaturmonitoring ?

- Hypothermie führt zu:
  - Herzrhythmusstörungen
  - Erhöhtem peripheren Widerstand
  - Linksverschiebung der SaO<sub>2</sub>-Kurve
  - Reversible Coagulopathie (Plättchenfunktionsstörung)
  - Postoperativen Stress/Shivering (Protein Katabolismus)
  - Renaler Dysfunktion
  - Verzögerten Medikamentenmetabolismus
  - Schlechter Wundheilung
- Hyperthermie (durch extern Zufuhr) bzw. „Maligne“

# Temperatur: ? Fragen ?

- Ist die ösophageale Temperatur niedriger als die Rektale?

JA

NEIN

???

- Vergrößert sich der Stromfluß in einem Thermistor bei höheren Temperaturen?

JA

NEIN

???

- Hängt die Reaktionszeit einer Temperatursonde von ihrer Größe ab ?

JA

NEIN

???

# Monitoring im OP: Inhalte

- Blutdruckmessung:
  - nicht-invasiv
  - Invasiv
  - zentralvenös
- EKG
- Kapnographie
- Pulsoxymetrie
- Temperatur-Monitoring

# Take Home Message



- Für eine „allfällige“ Prüfung bleibt Ihnen der Blick in ein Lehrbuch nicht ganz erspart 😊
- Für die Klinik:
  - Kein Monitoring ist perfekt
  - Messungenauigkeiten von 10-20% sind möglich/normal
  - Verwenden sie generell enge „Alarmgrenzen“
  - Jeder Monitor ist nur so gut wie der/die Betrachter/in

*Therapieren sie nicht den Monitor,  
sondern den/die Patient:in*

ANÄSTHESIE FORUM



ALPBACH

REPETITORIUM

Monitoring im OP

