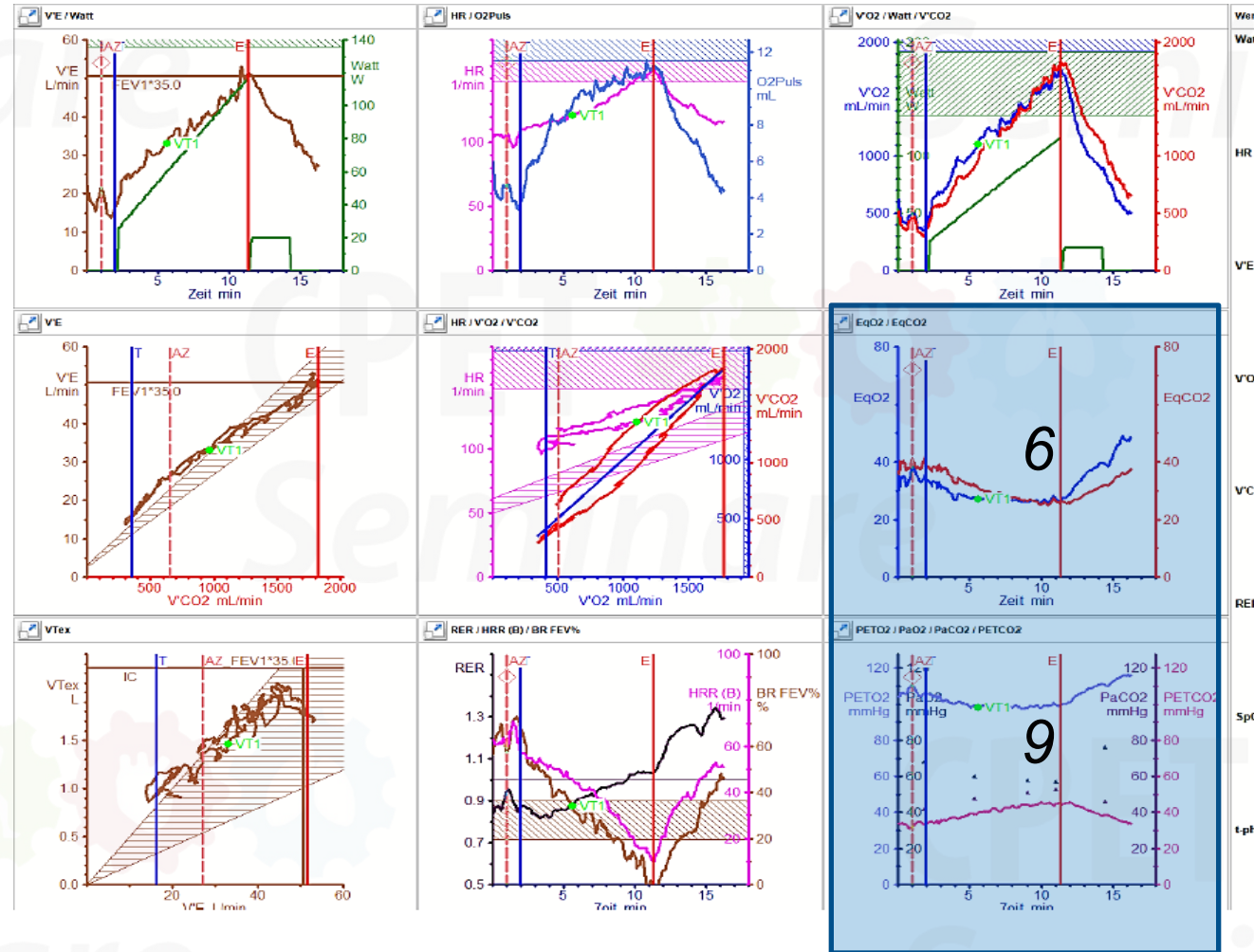


**9F-Gasaustausch, Atemeffizienz,
BGA**

Atemökonomie und Gasaustausch i. d. 9 Felder Grafik



Nomenklatur zum Gasaustausch

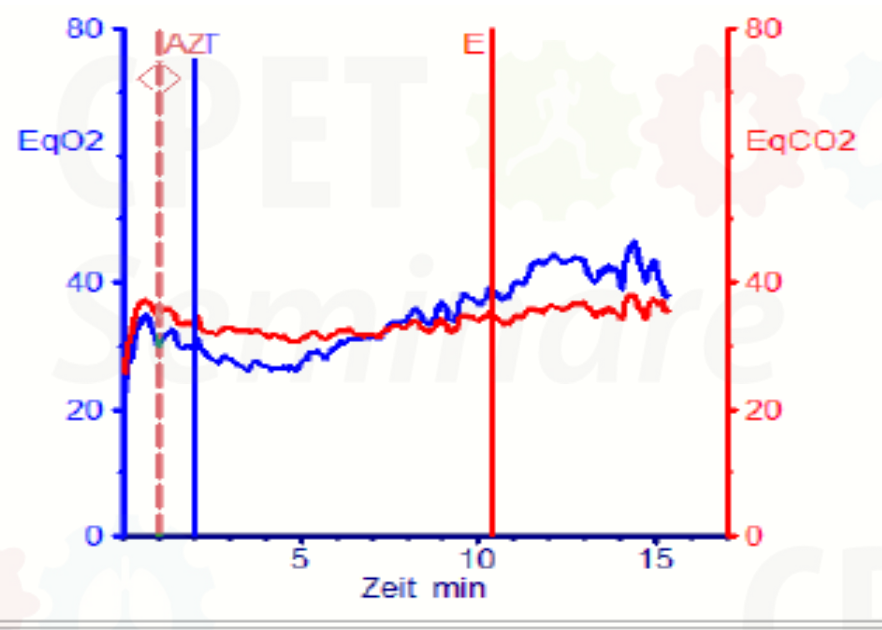
EQO_2	= Atemäquivalent für Sauerstoff, $V \dot{E}/V \dot{O}_2$
$EQCO_2$	= Atemäquivalent für CO_2 , $V \dot{E}/V \dot{CO}_2$
PET_{O_2}	= endtidaler PO_2 , am Ende des Atemzuges gemessen
PET_{CO_2}	= endtidaler PCO_2 , am Ende des Atemzuges gemessen
PAO_2	= alveolärer Sauerstoffdruck
$PACO_2$	= alveolärer CO_2 Druck
$P(A-a)O_2$	= A-aDO₂ alveolo-arterielle O_2 Druckdifferenz
$P(a-ET)CO_2$	= a-ADCO₂ arteriell-alveoläre(endtidale) CO_2 Druckdifferenz
PaO_2	= arterielle Sauerstoffpartialdruck
$PiCO_2$	= arterielle CO_2 Partialdruck

Atemäquivalente EQO_2 und $EQCO_2$

wie viel Liter muss ich atmen um 1 L O_2 aufzunehmen
oder 1L CO_2 abzugeben - **dimensionslos** – (Verhältnis)

EQO_2

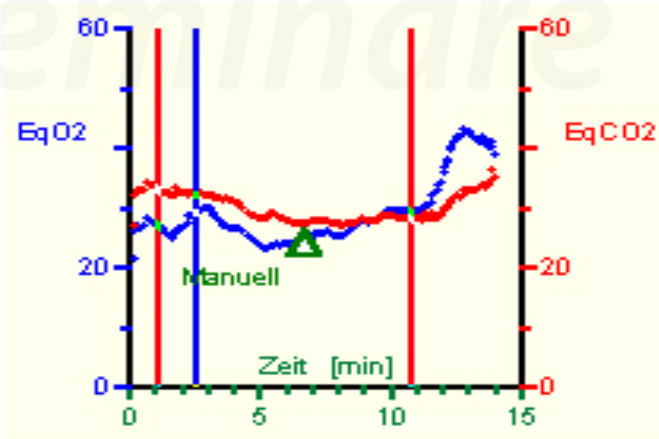
$V'E / V'O_2$



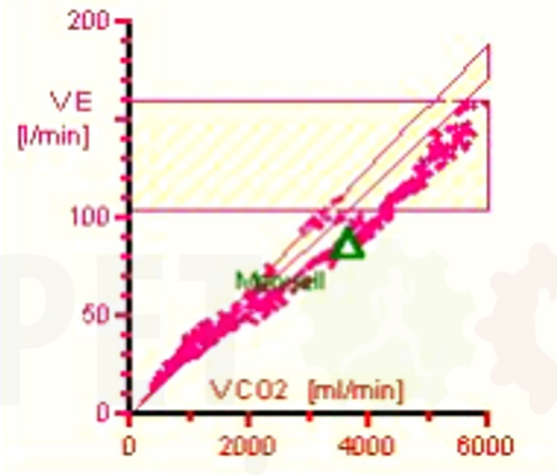
$EQCO_2$

$V'E / V'CO_2$

Atemäquivalent für CO₂ (EQCO₂ versus Slope)



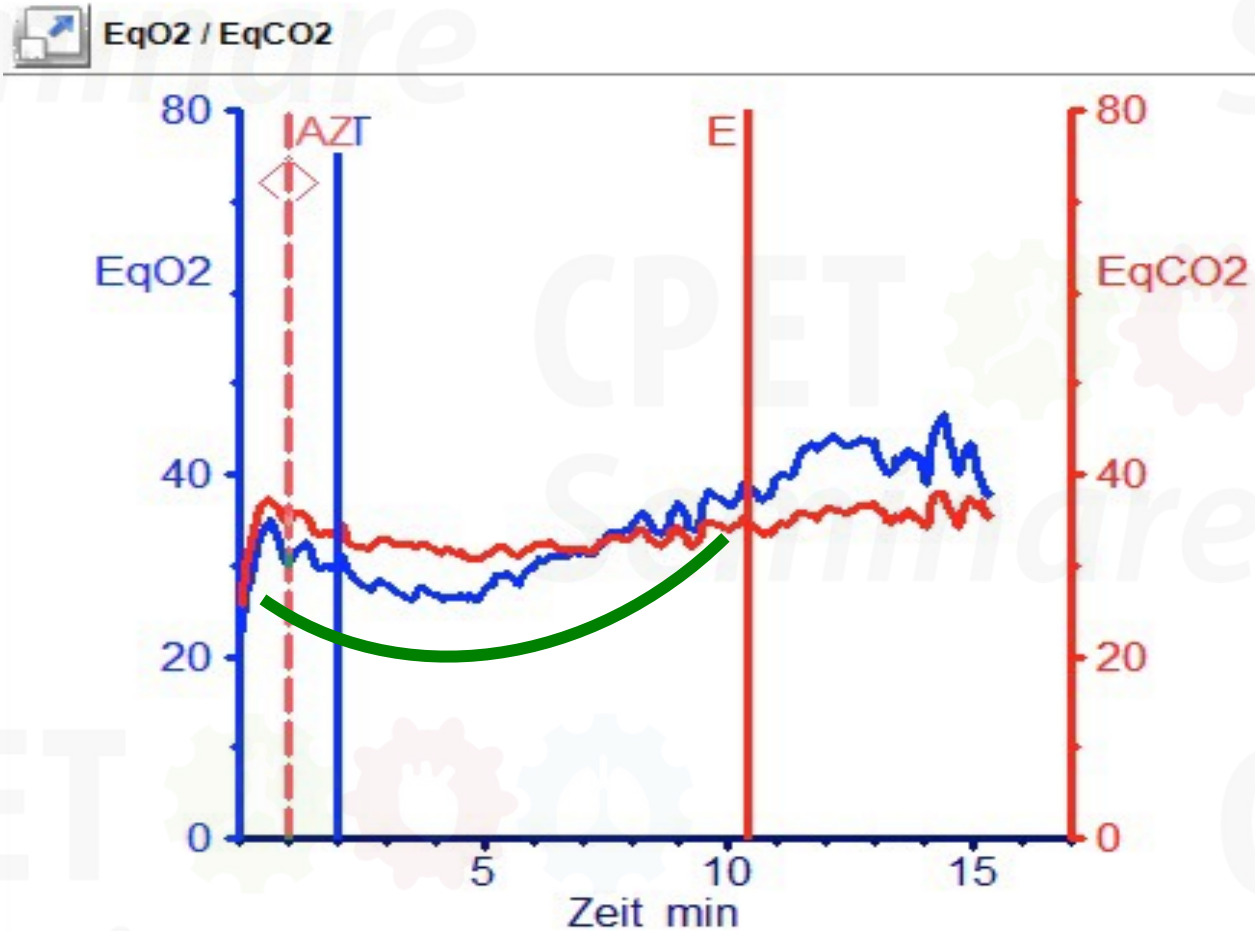
Das Atemäquivalent für **CO₂** ist in Feld 6 dargestellt und zeigt **$V'E/V'CO_2$** im Zeitverlauf.



Das Verhältnis von **CO₂** (als Regler) und **$V'E$** (als mechanischer Effektor) ist in Feld 4 dargestellt und wurde bereits im Kapitel Ventilation erläutert

Der Slope von $V'E$ vs. $V'O_2$ ist nicht in der 9-Felder Grafik dargestellt

$V'E$ zu $V'O_2$ Panel 6

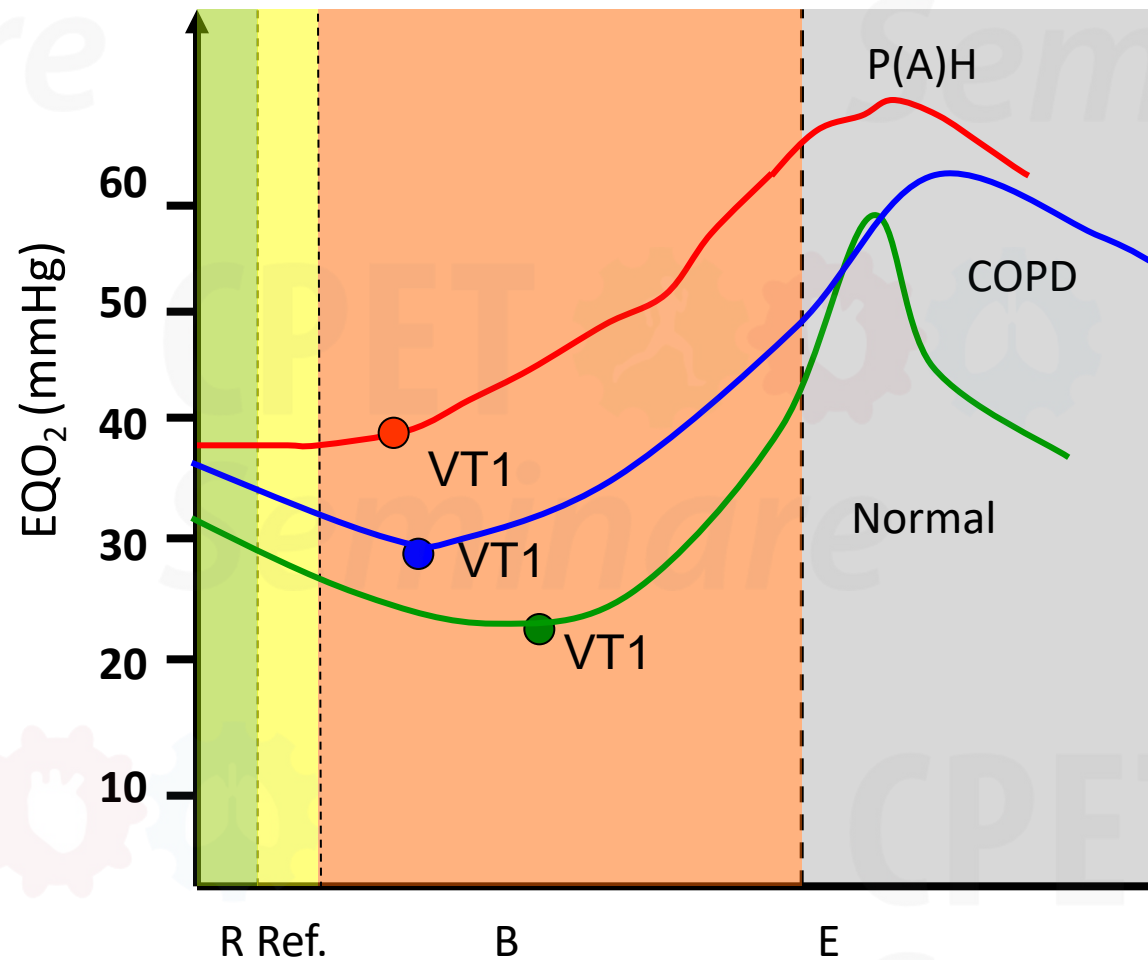


Ökonomisierung unter
Belastung

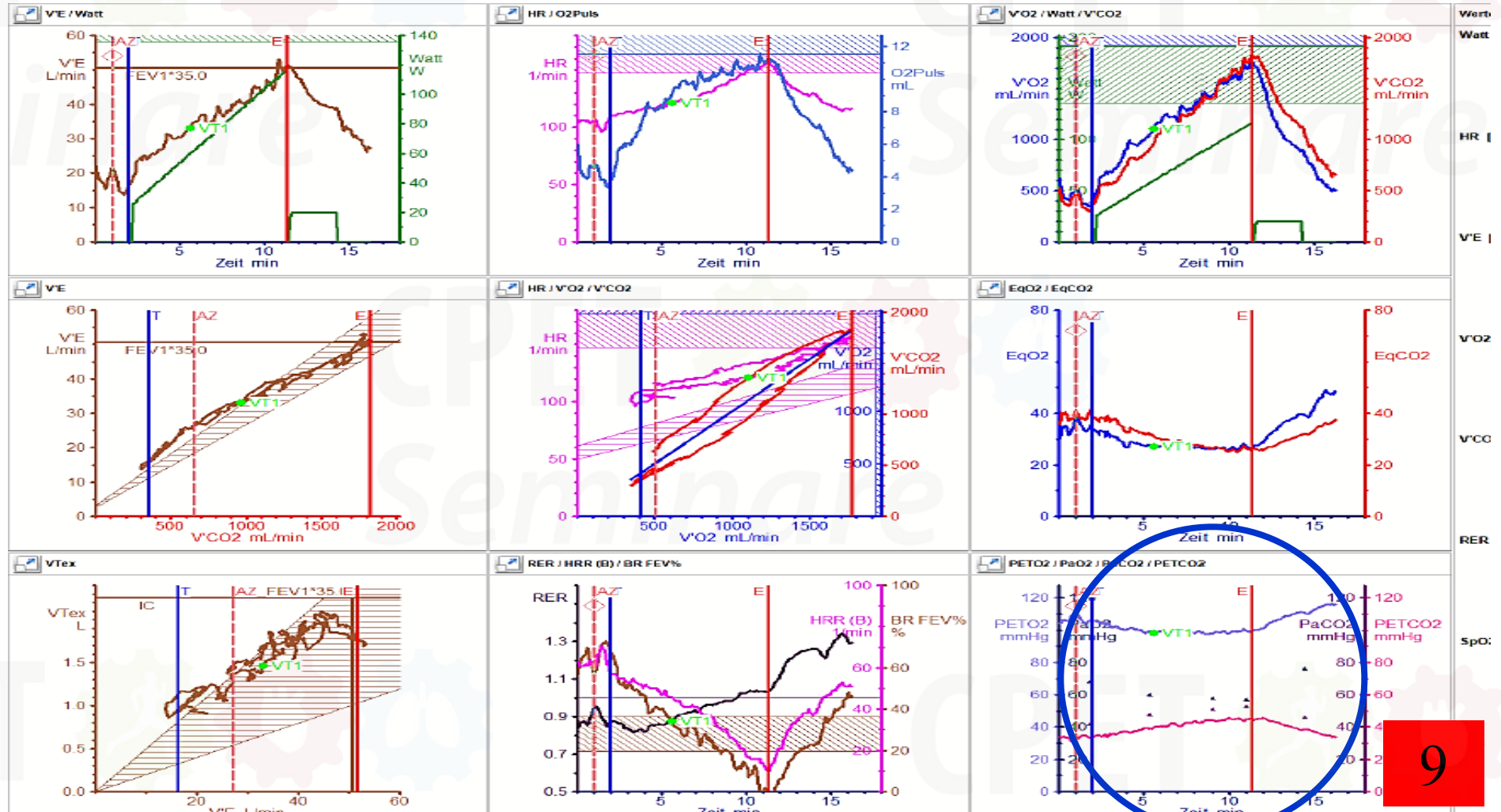
Nach Hollmann 1958 POW
(Punkt des optimalen
Wirkungsgrades)

“Badewanne” ?

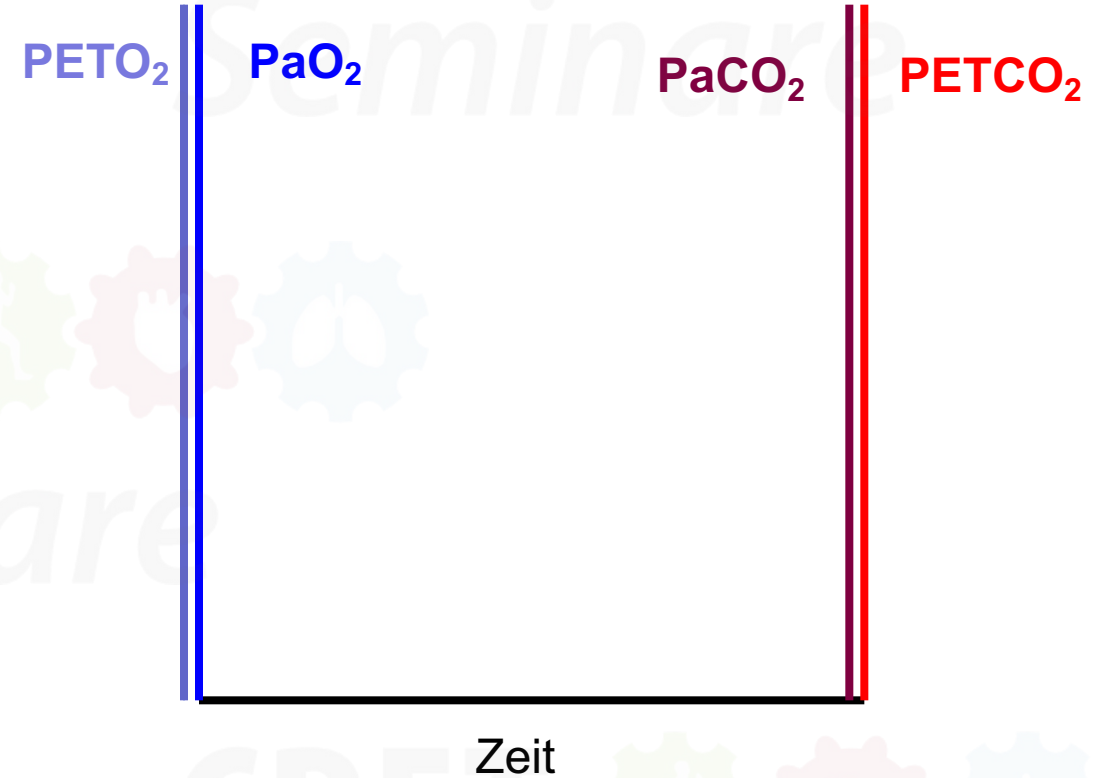
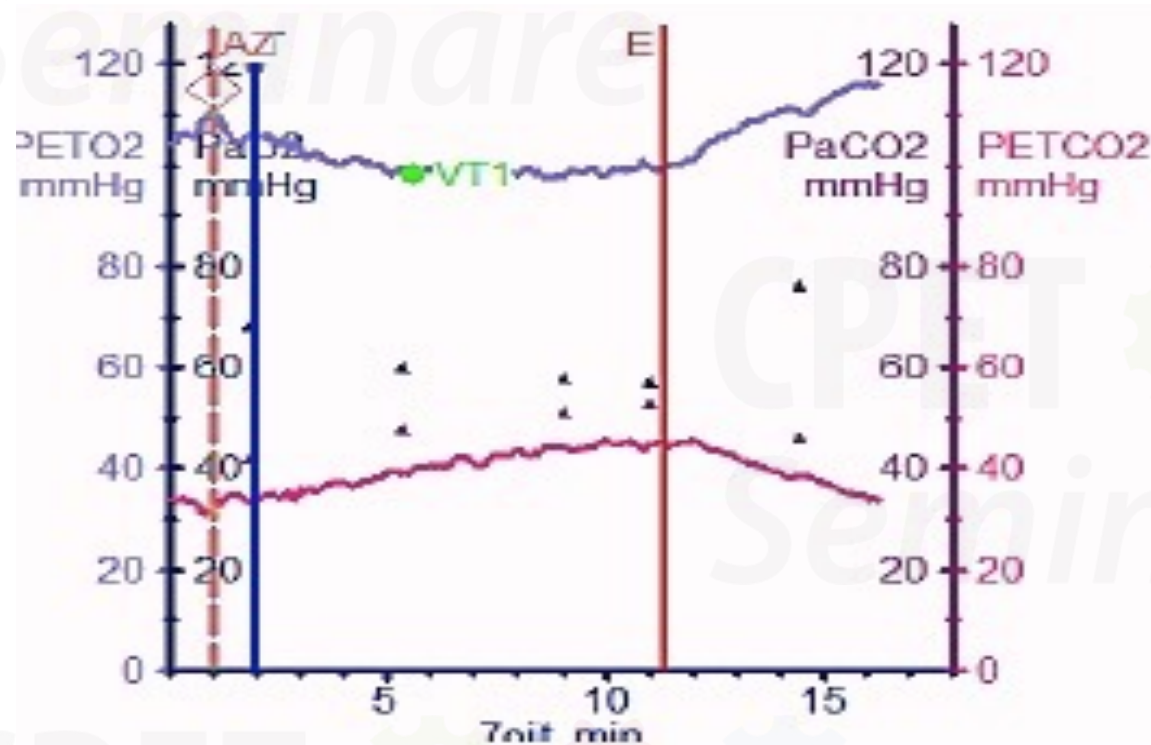
Verschiedene Verläufe der Atemäquivalente



Feld 9: End-Tidal O₂ (PETO₂) und End-Tidal CO₂ (PETCO₂)

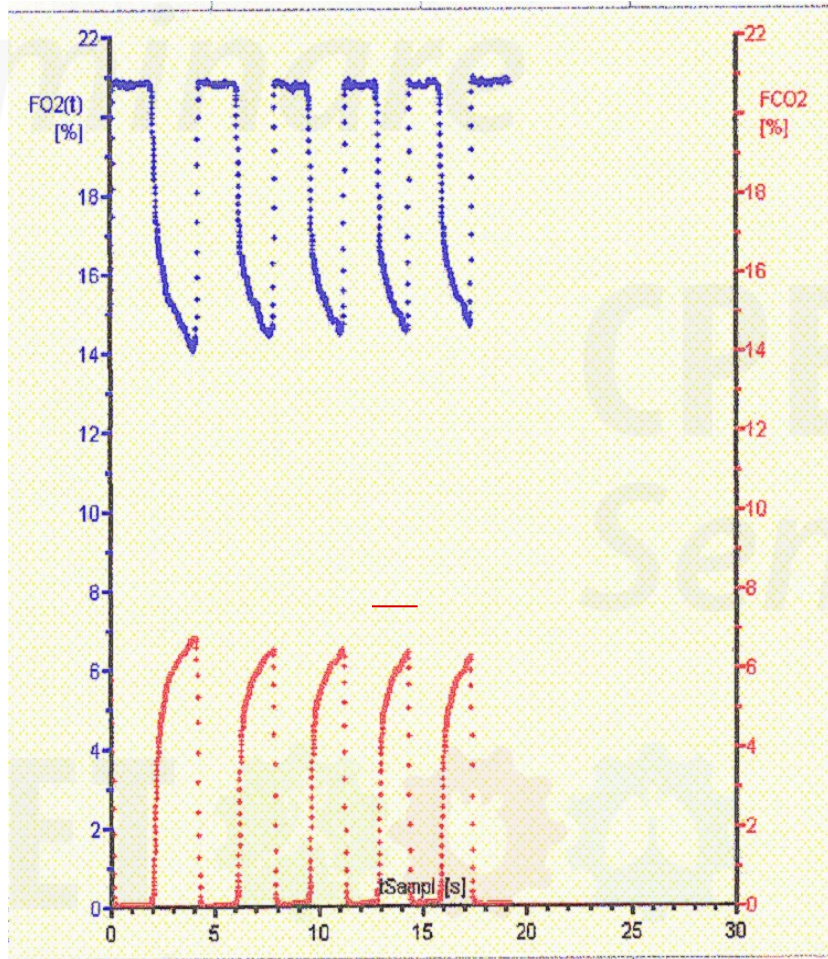


Feld 9: End-Tidal O₂ (PETO₂) und End-Tidal CO₂ (PETCO₂)



Bei der Formatierung der 9FG unbedingt auf gleiche Skalierung der Achsen und gleiche Dimensionen (kPa, mmHg, Fraktion (F) der y-Achsen (Ordinaten) achten

Gaskonzentration gemischt expiratorisch



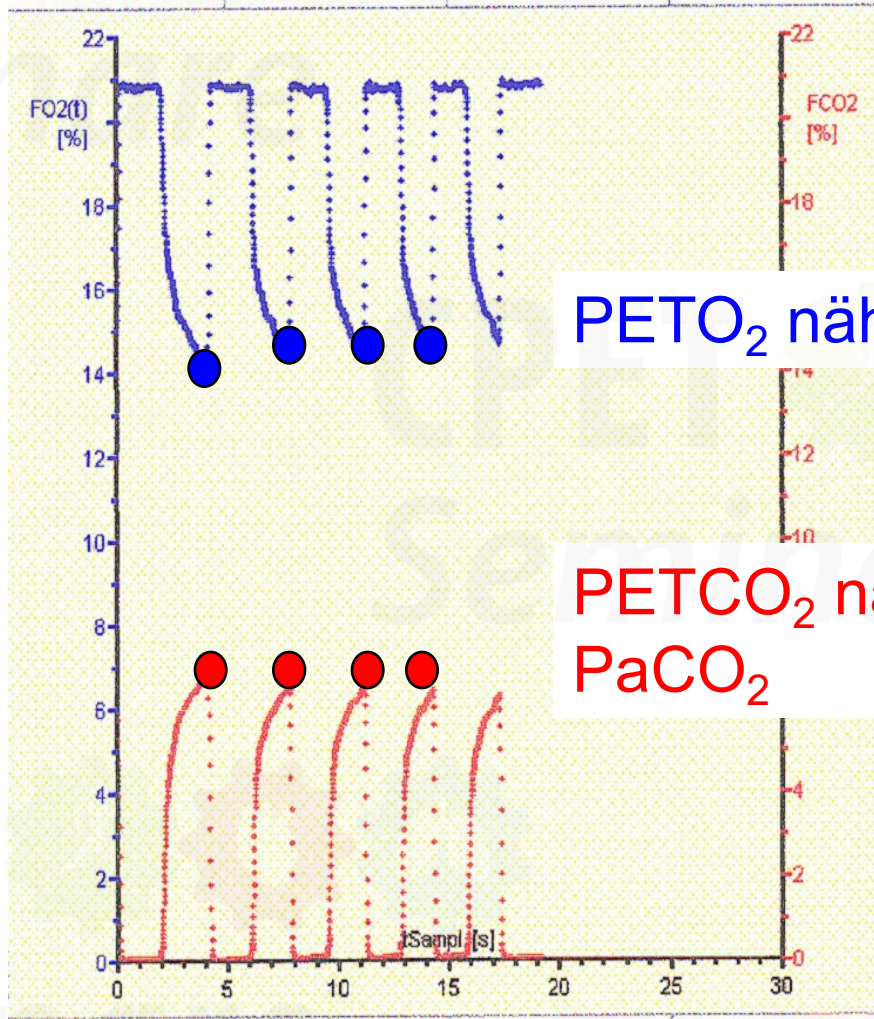
Integral unter der Kurve =
gemischt expiratorischer O₂ (F_EO₂) zur
Berechnung von

$$\dot{V}' O_2 = \dot{V}' E \times (F_{IO_2} - F_{EO_2}) \times k$$

Integral unter der Kurve =
gemischt expiratorischer CO₂ (F_ECO₂) zur
Berechnung von

$$\dot{V}' CO_2 = \dot{V}' E \times F_{ECO_2} \times k$$

Intrabreath - Kurven



In dieser Grafik ist die Konzentration in % angegeben, daraus wird der Partialdruck (P) errechnet

PETO₂ näherungsweise PAO₂

PETCO₂ näherungsweise PACO₂ und PaCO₂

ET- PO₂ (ET-PCO₂) bei Patienten mit Obstruktion **nicht zuverlässig**, da kein Alveolarplateau erreicht

Alveolarluftformel zur Bestimmung des PAO_2

$$PAO_2 = FIO_2 * (P_B - 47) - PACO_2 * (FIO_2 + 1 - FIO_2 / RER)$$

RER = RQ

P_B = Luftdruck

47 = Wasserdampfsättigung bei 37° C

CPET

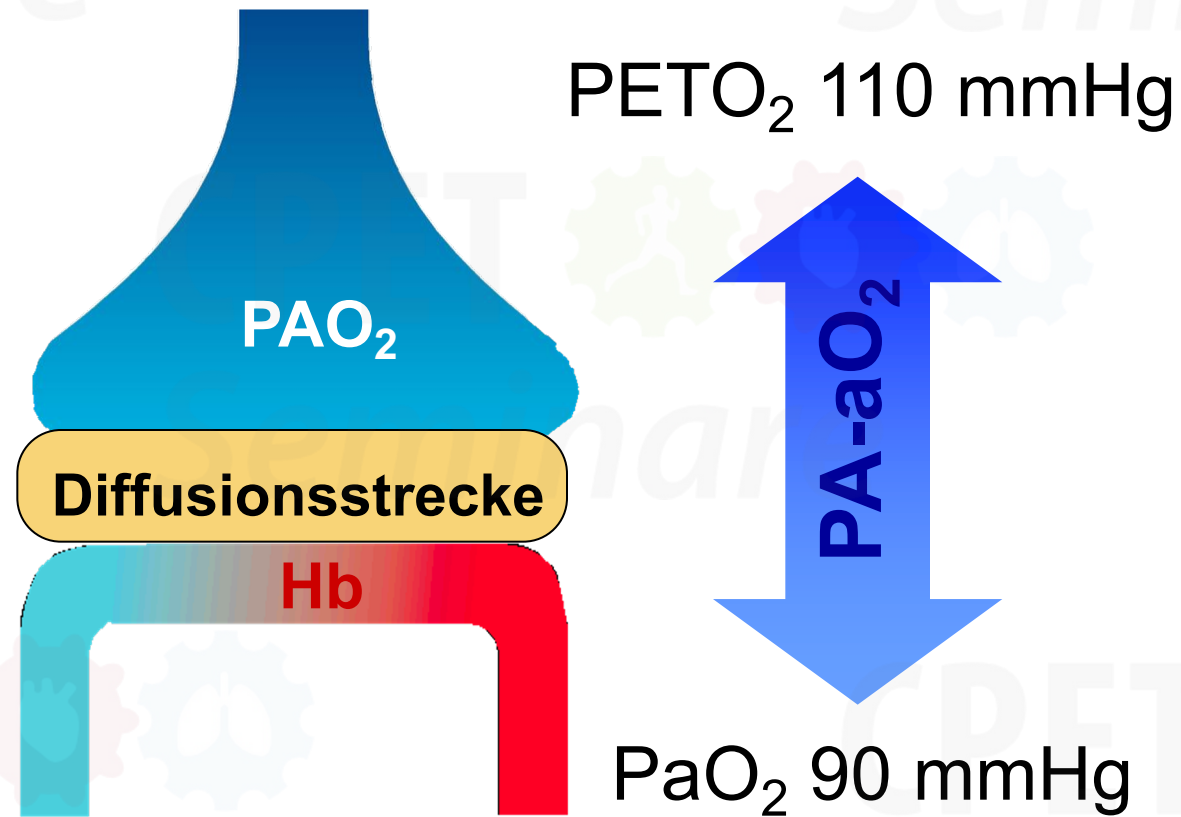
Alveolarluftformel genauer

Wenn $PaCO_2$ statt $PACO_2$ verwendet wird

BGA

Da $PETO_2$ nicht immer zuverlässig dem PAO_2 entspricht, wird der PAO_2 errechnet

Alveolo - arterieller Gradient für O₂ (AaDO₂)



Richtwerte AaDO₂

Obergrenze unter max. Belastung:

20 J 20 mmHg

40 J 25 mmHg

60 J 35 mmHg

„etablierte Richtwerte“

oder = $(\text{Alter} + 10)/2$

Arteriell - endtidaler Gradient für CO₂

Pa-ETCO₂

- Synonyme P(a-ET)CO₂ / aADCO₂
- Eine **positive P (a- ET)CO₂ Differenz** weist auf nicht oder minderperfundierte, aber belüftete Lungenareale hin

$$V'_{A/Q'} c = \infty$$

- Bei Gesunden ist P(a-ET)CO₂ unter Belastung negativ

BGA - Hyperämisch kapilläre Blutentnahme

▶ Probengewinnung



Hyperämisierung
mit Finalgon®
Salbe
einmassieren

BGA - Hyperämisch kapilläre Blutentnahme

▶ Probengewinnung



10 Minuten warten

BGA - Hyperämisch kapilläre Blutentnahme

▶ Probengewinnung



heparinisierte
Mikrokapillare (100-
150ml) blasenfrei
füllen

BGA - Automat

► Messung



In BGA Automaten
geben

*Beachte : Qualitätssicherung nach RiLiBÄK
Körpertemperatur*

BGA - Respiratorische Insuffizienz

Hypoxämische
Insuffizienz (Typ I)
Partialinsuffizienz

PaO₂ ↓
PaCO₂ → ↘

Ventilatorische
(hyperkapnische)
Insuffizienz (Typ II)
Globalinsuffizienz

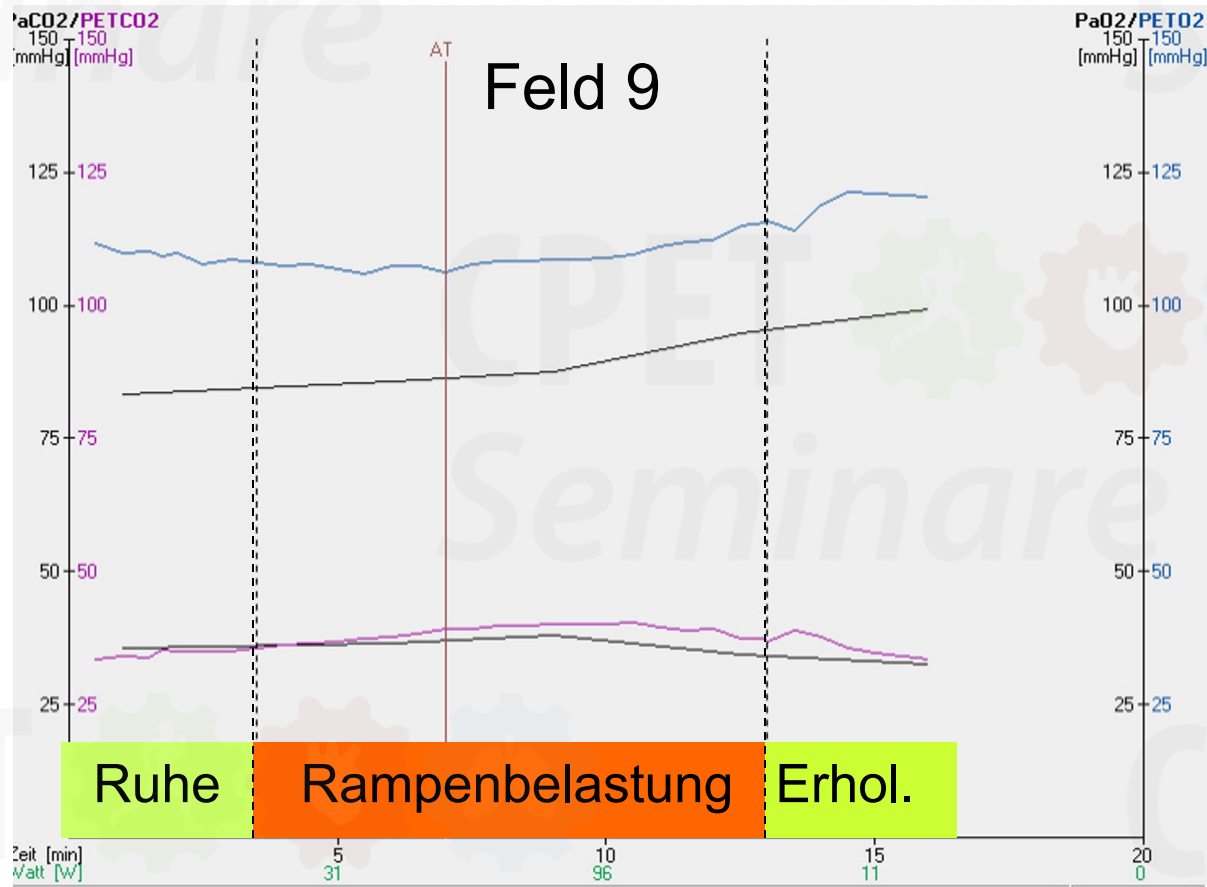
PaO₂ ↓
PaCO₂ ↑

Korrektur des PaO₂ bei alveolärer Hyperventilation:

Faustformel (nur für Ruhe):

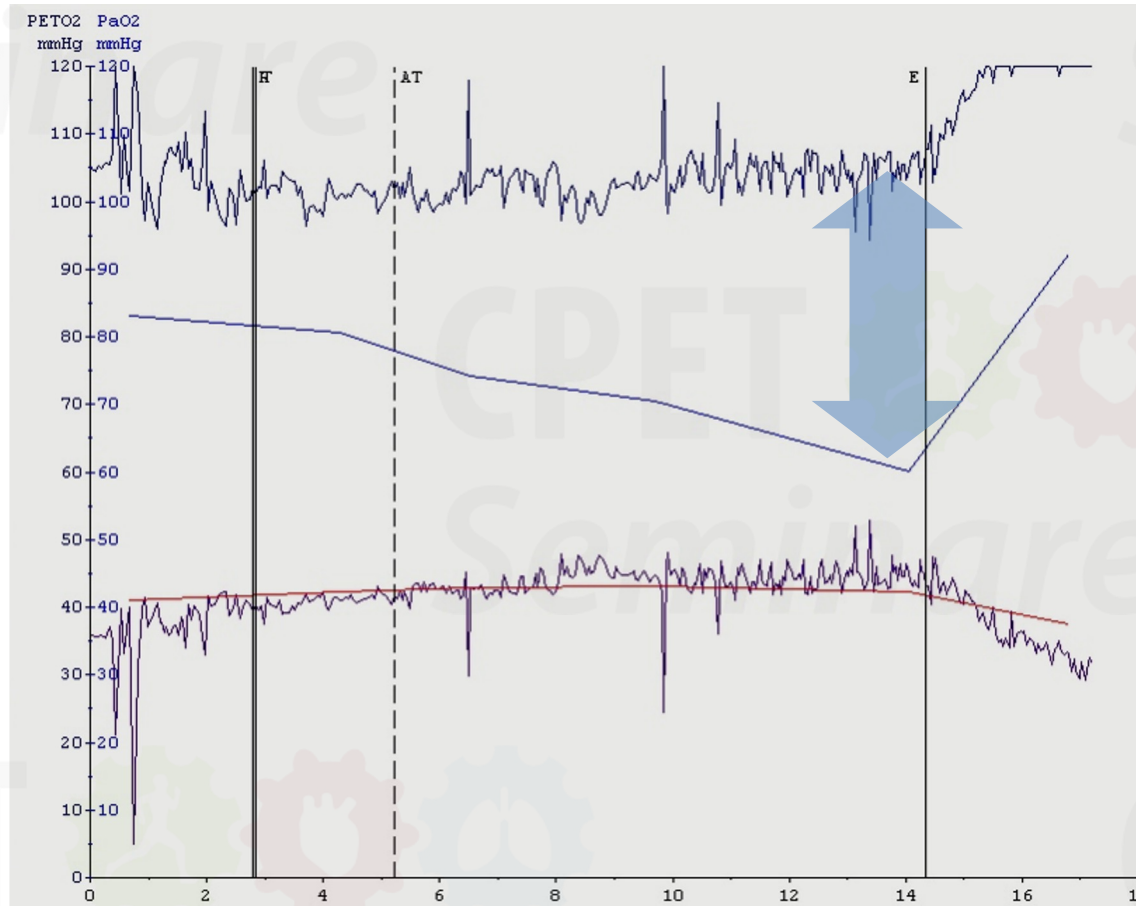
$$PaO_{2k} = PaO_2 - (PaCO_2 40\text{mmHg} - PaCO_2 \text{ aktuell}) \times 1,66$$

Beispiel: Gasaustausch normal



Verlauf des P(a-ET)CO_2 bei Patient ohne Obstruktion und normaler kardiopulmonaler Leistungsfähigkeit

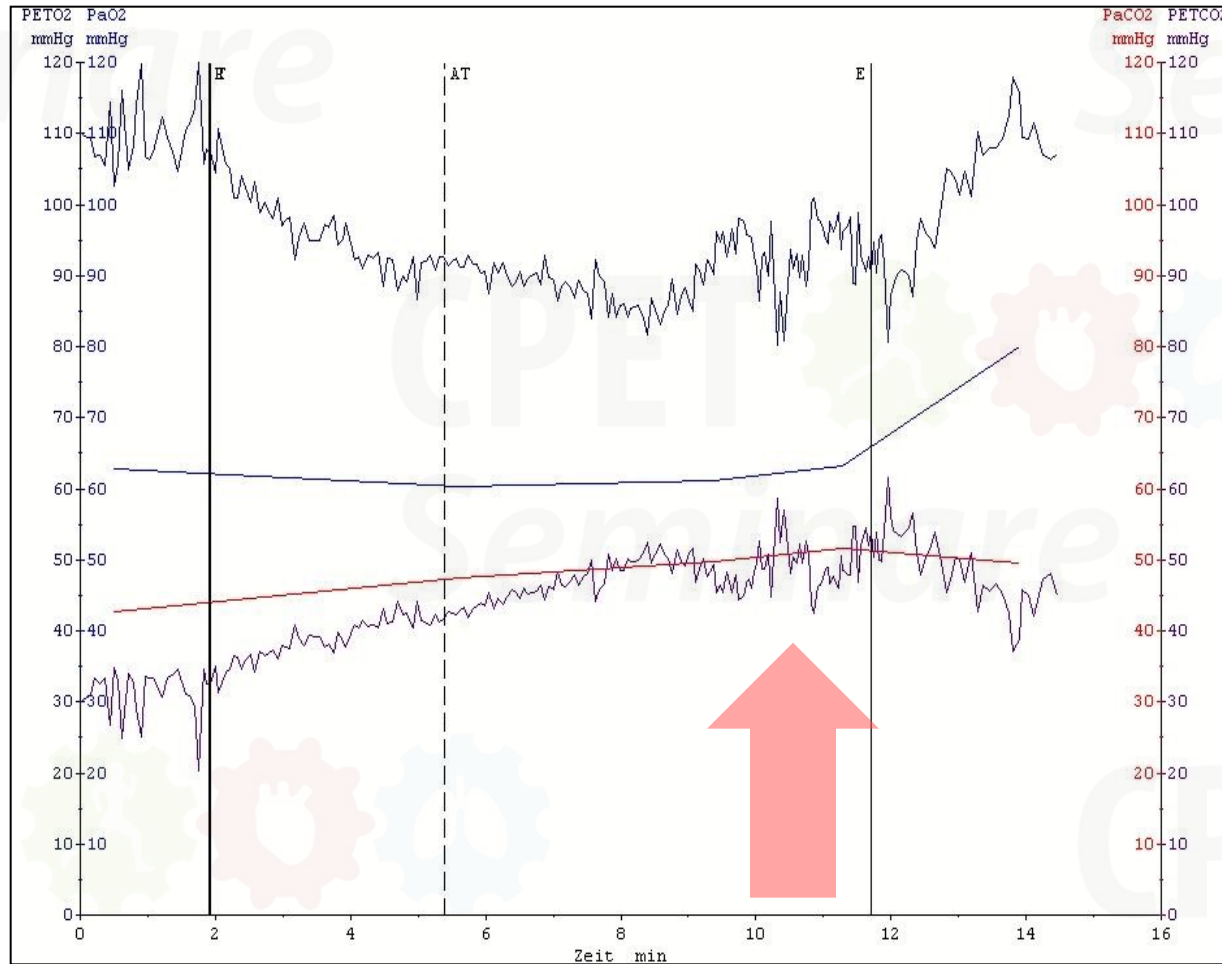
Beispiel: Gasaustauschstörung: hypoxämisch



*Gasaustauschstörung
mit erhöhter $P(A-a)O_2$,*

$P(a-ET)CO_2$ negativ

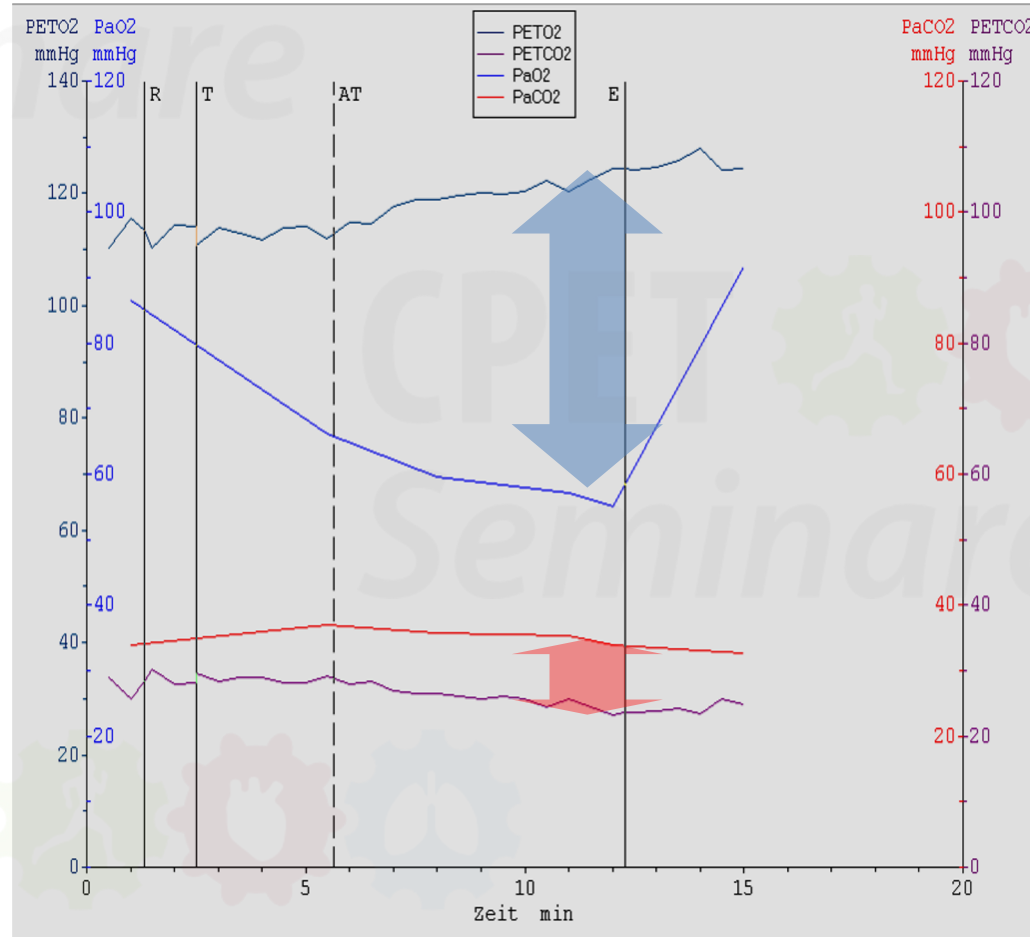
Beispiel: Gasaustauschstörung: hyperkapnisch



normaler $P(A-a)O_2$

*normaler $P(a-ET)CO_2$
erhöhter $PaCO_2$
und $PETCO_2$*

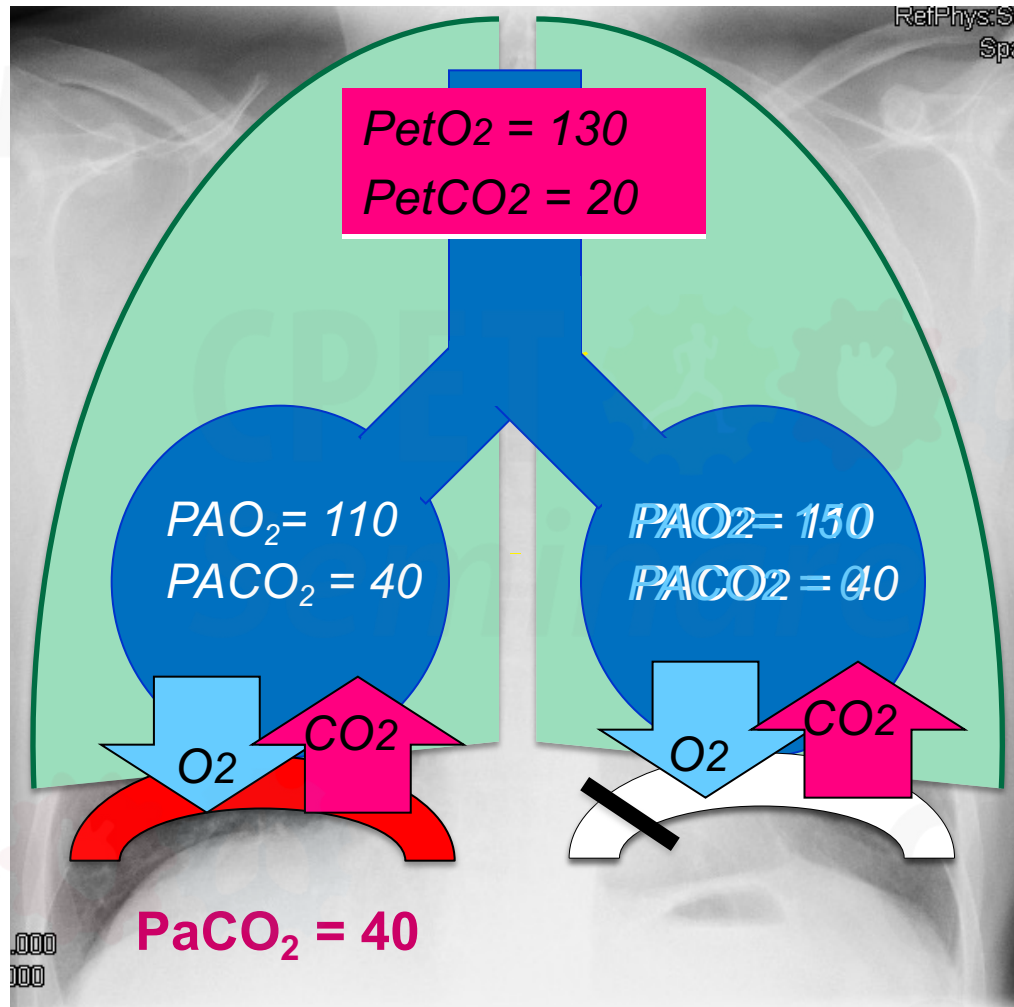
Beispiel: Gasaustauschstörung: Totraum



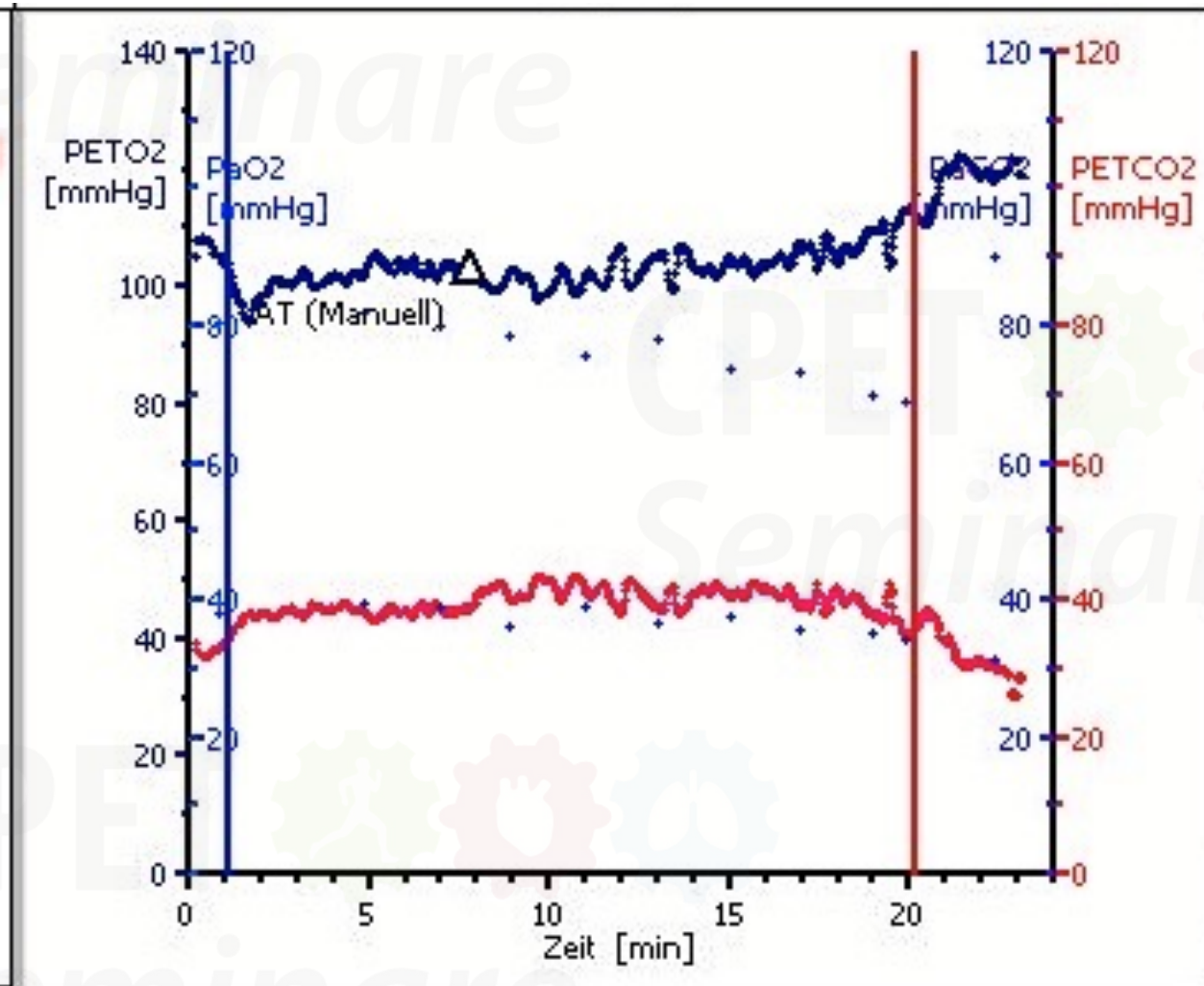
mit erhöhtem $P(A-a)O_2$

positivem (10mmHg) $P(a-ET)CO_2$

Partialdruckwerte bei Totraumventilation



Beispiel: Gasaustausch: Sportler



Ein Abfall des PO_2 bei hoher Belastung und erhöhter $P(A-a)O_2$ sind bei Leistungssportlern möglich

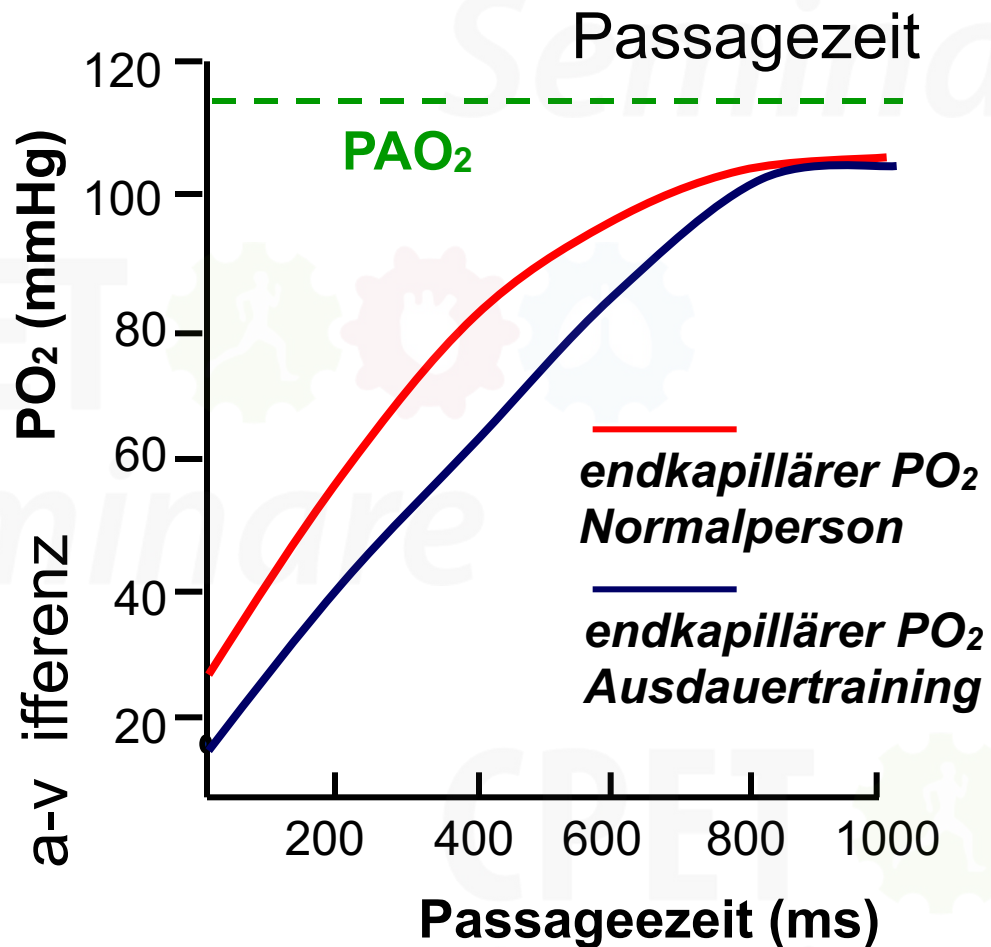
Beispiel: Gasaustausch: Sportler

Messwerte Gasaustausch

PaO2	mmHg	89.40	-	76.40	96.70
PaCO2	mmHg	35.80	-	33.60	31.50
SaO2	%	97	-	94	97
AaDO2	mmHg	14.59	-	38.84	21.91
BE	mmol/L	-1.20	-	-7.90	-8.80
pH-a		7.42	-	7.32	7.32
PETCO2	mmHg	34.57	38.40	39.71	30.14

Beispiel: Gasaustausch: Sportler

PaO₂ Abfall > 5 mmHg
innerhalb
Referenzbereich bei
Ausbelastung
(Sportler)
kein Zeichen einer
pulmonalen
Gasaustauschstörung



Gasaustausch: Extremwerte



BGA 8.400m Mt. Everest

P_B 272 mmHg, n = 4
Personen

mittlerer PaO_2 24,6
mmHg

mittlerer $PaCO_2$ 13,3
mmHg

Grocott MPW et al New Engl J Med 2009

Bedeutung der Belastungs-BGA

Ohne Belastungs-BGA werden folgende Krankheiten nicht erkannt:

1. Leichte Lungenparenchymerkrankungen mit Gasaustauschstörung
2. Obstruktive Lungenerkrankungen mit Abfall des PaO_2 unter Belastung, somit Sauerstoffpflichtigkeit bei Belastung (LOT)
3. Pulmonale Hypertonie, Chronischer Thromboembolie (CTEPH)

Belastungs-BGA zu definierten Zeitpunkten ermöglicht Bestimmung von

1. P(A-a)O_2 und der
2. P(a-ET)CO_2
3. funktioneller Totraum (VDf)

Kasuistik: Unklare Dyspnoe

Anamnese: *Z.n. rezidivierenden Pneumonien, Diagnosestellung einer COP bei Infiltraten im re. OF und UF in einer internistischen Abteilung, Therapiebeginn mit 40 mg Prednisolon. Leitsymptom Belastungsdyspnoe*

Rauchen: *NR*

Befunde: *normale Lufu, Diffu leicht eingeschränkt, im Herzecho kein Hinweis auf Rechtsherzbelastung. In BGA unter Belastung PO_2 -Abfall trotz alveolärer Hyperventilation*

Diagnose: ***Kryptogen organisierende Pneumonie (COP)***

Therapie: *Prednisolon 40 mg*

Fragestellung: *Berufsfähigkeit, V. einer CTEPH*

Unklare Dyspnoe

B.K. weibl.
47 Jahre,
166cm, 76kg

