

CPET 
Seminare

CPET 
Seminare

- CPET 
Seminare
- 1. Historie**
 - 2. Messtechnik**

CPET 
Seminare

CPET 
Seminare

*Ein angebissener Apfel,
ein verrostetes Stück Eisen...?*



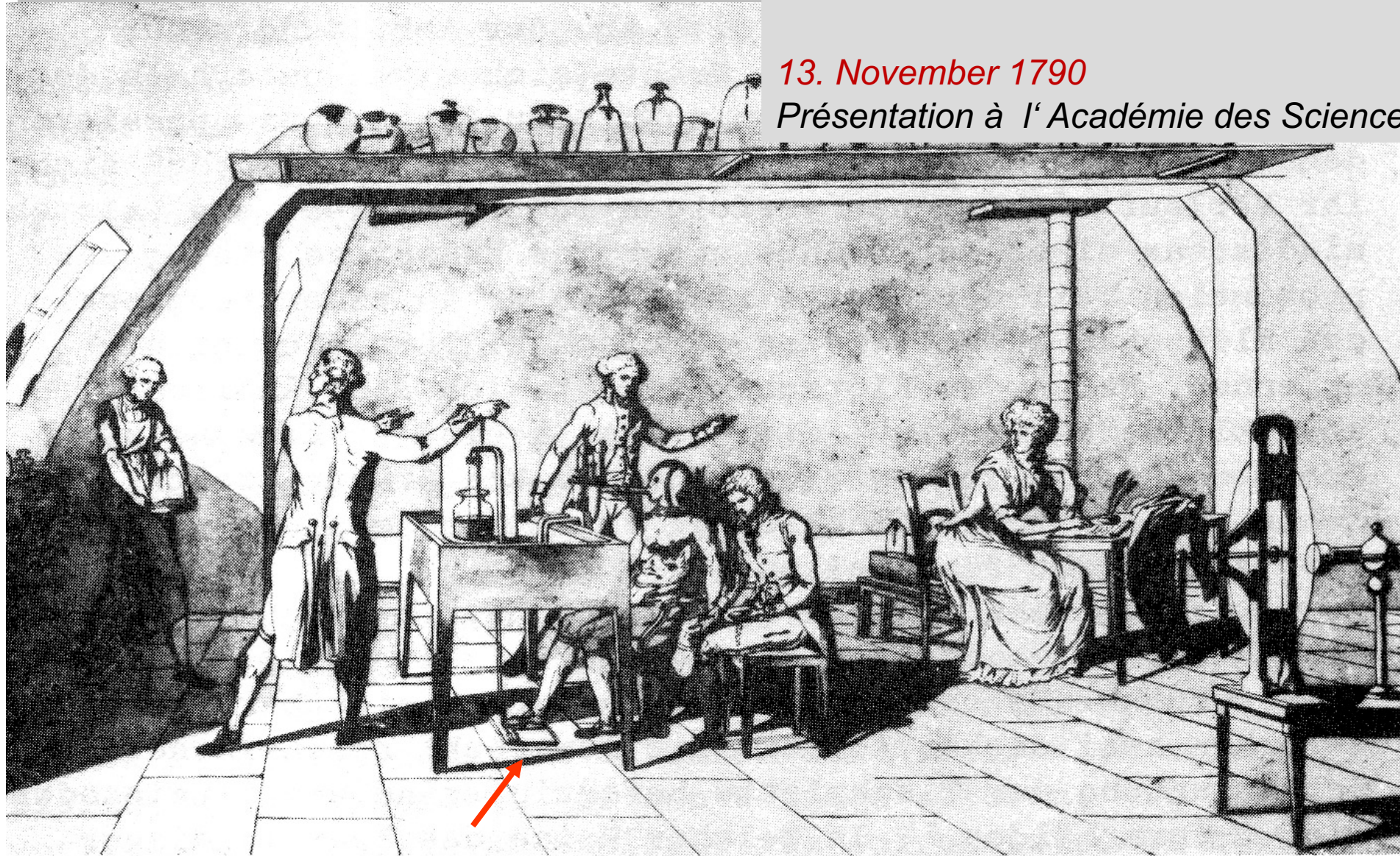
Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794) nannte am 13.11.1790 das, was man zuvor als „Phlogiston“ postulierte, Sauerstoff.

.....„Phlogiston“ lies den angebissenen Apfel braun werden und das Eisen rosten....

Antoine Laurent Lavoisier 1743 – 1794

13. November 1790

Présentation à l'Académie des Science de Paris



Arbeitsversuch im Labor von A.L. Lavoisier. Sein Assistent A. Seguin verrichtet mit dem rechten Fuß Arbeit, die Atemgase werden gemessen

Knipping & Brauer in HH um 1923



Ergograph:
Belastungen werden
während der Untersuchung
stufenweise bis **>500 Watt**
gesteigert

Entwicklung der Messtechnik

Blutgasanalyse (BGA)

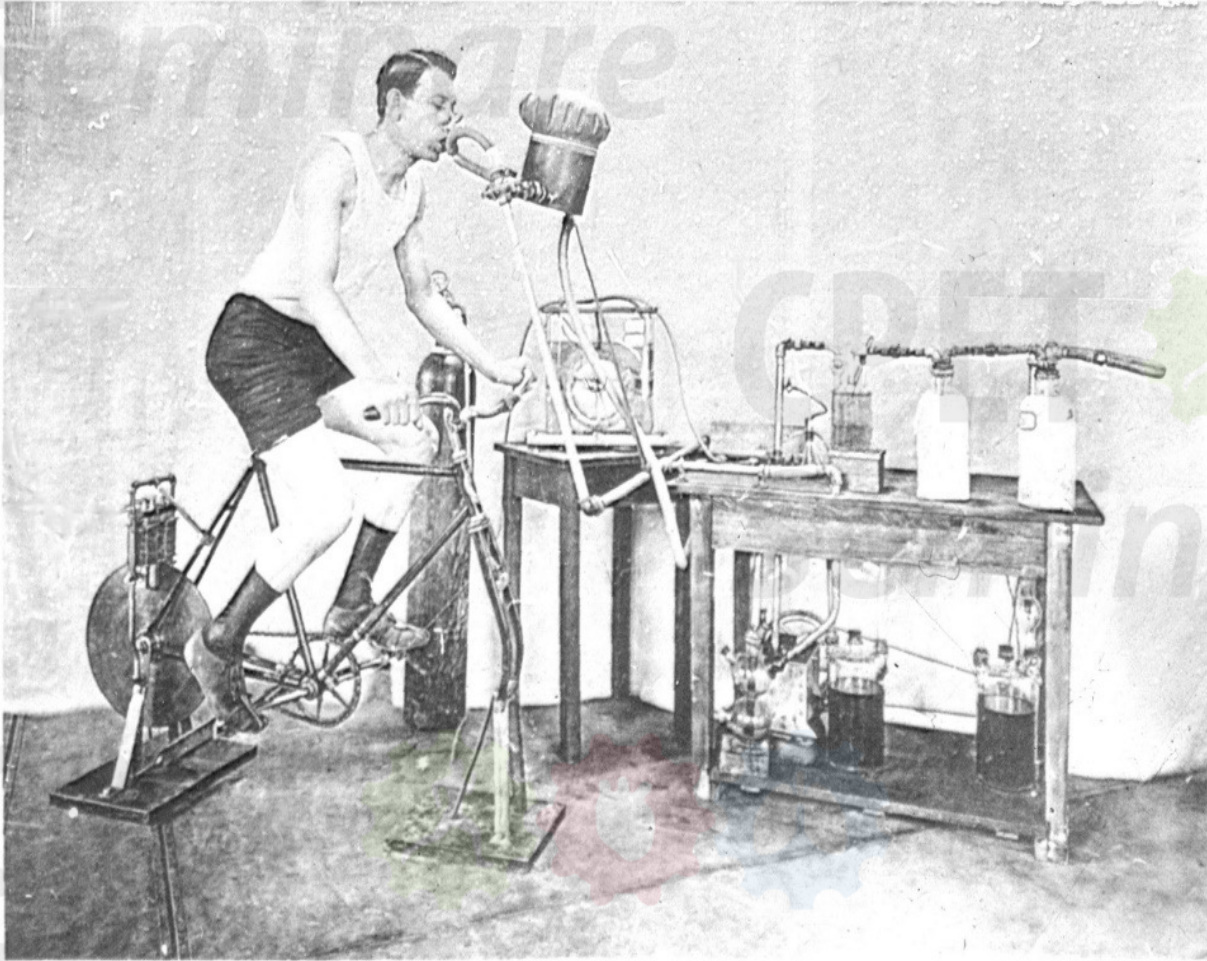
- **Van Slyke**

Um **1924** Gerät zur volumetrischen u. manometrischen Analyse der Blutgase (O_2 , CO_2 , N_2)

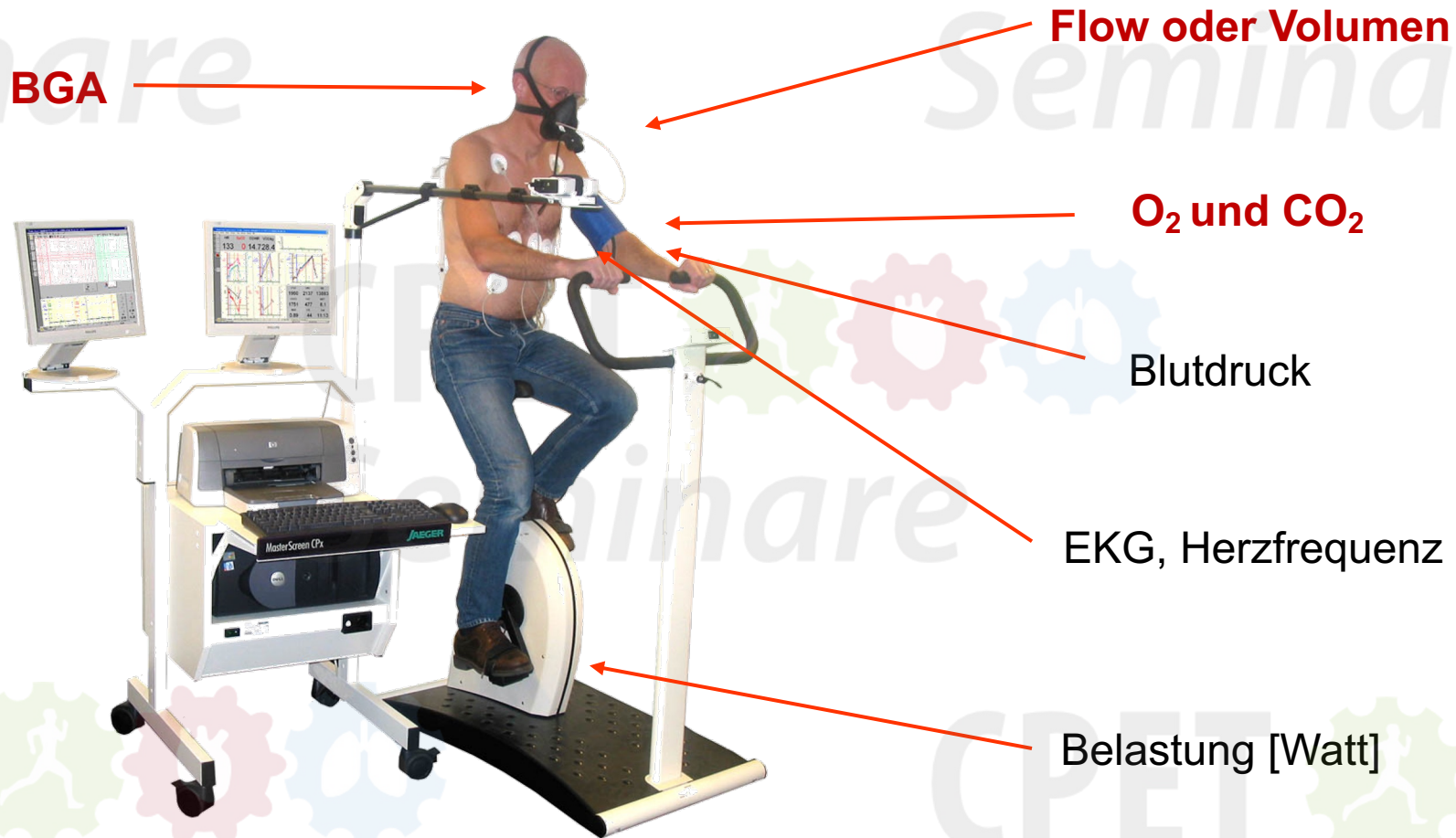
- **Astrup**

1956 Mikromethode zur Bestimmung des **pH** und des **CO_2** im Arterien- u. Kapillarblut

Zeitraum ca. 80 Jahre

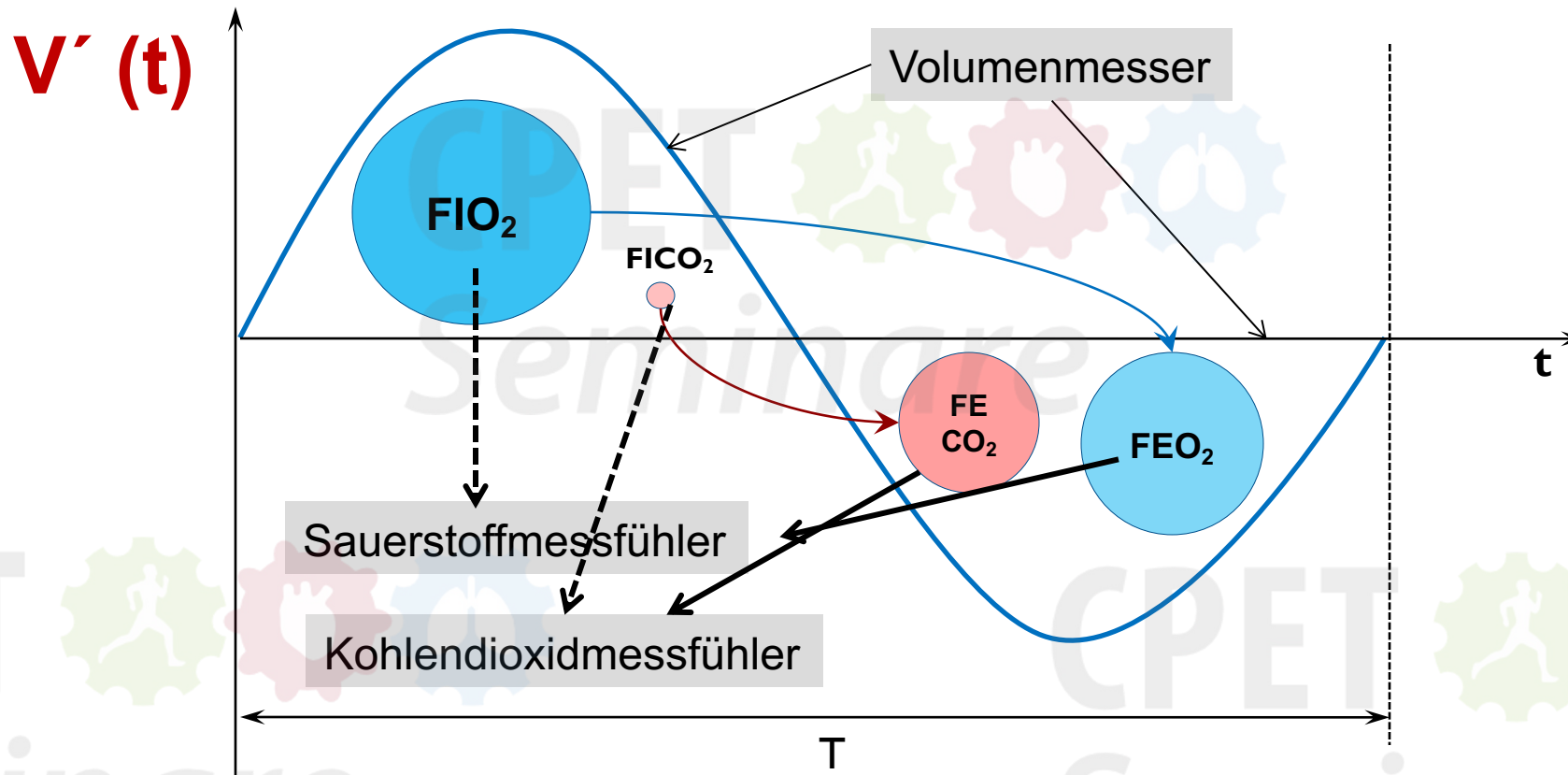


Was wird gemessen?



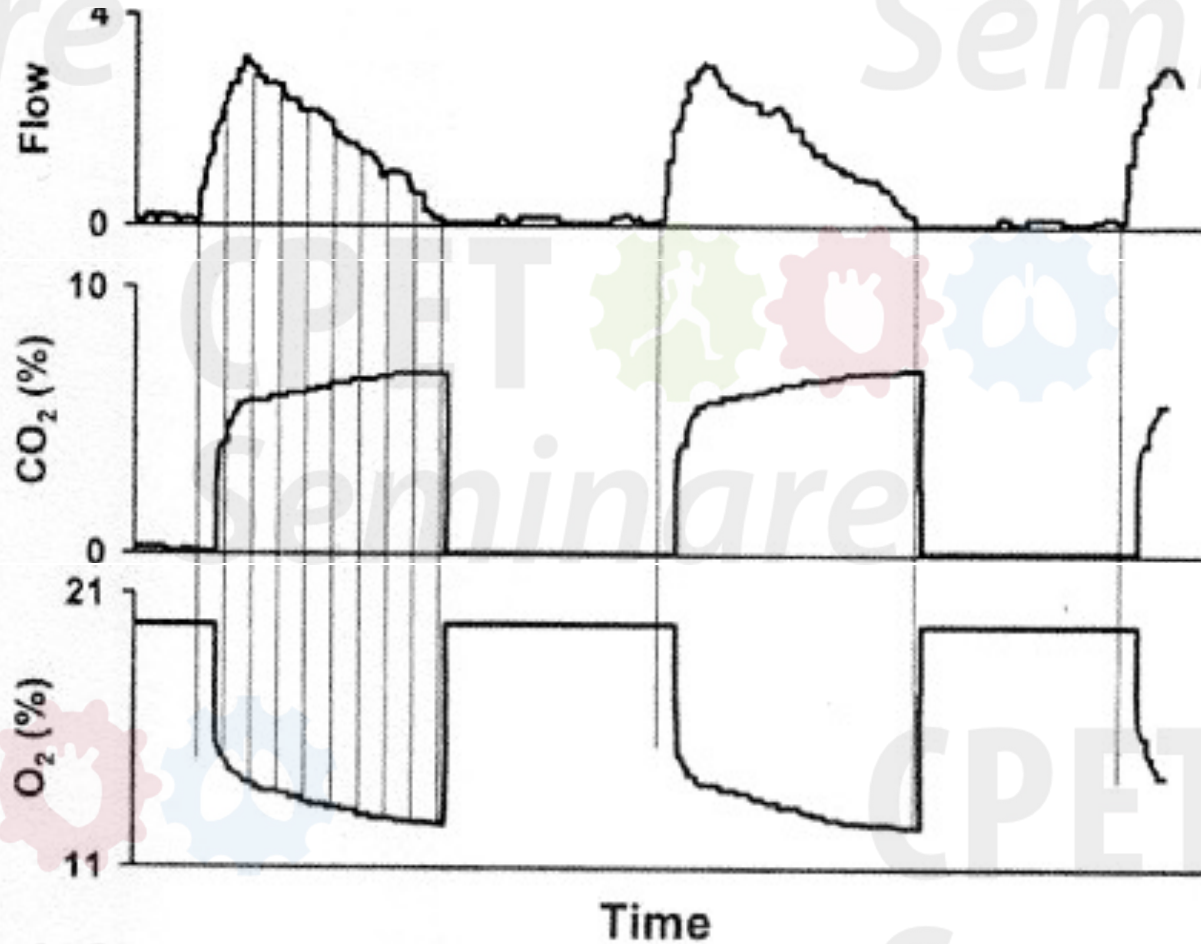
Messprinzip

Spiroergometrie = Ermittlung von **ventilatorischen** und **Gasaustauschgrößen** unter Belastung

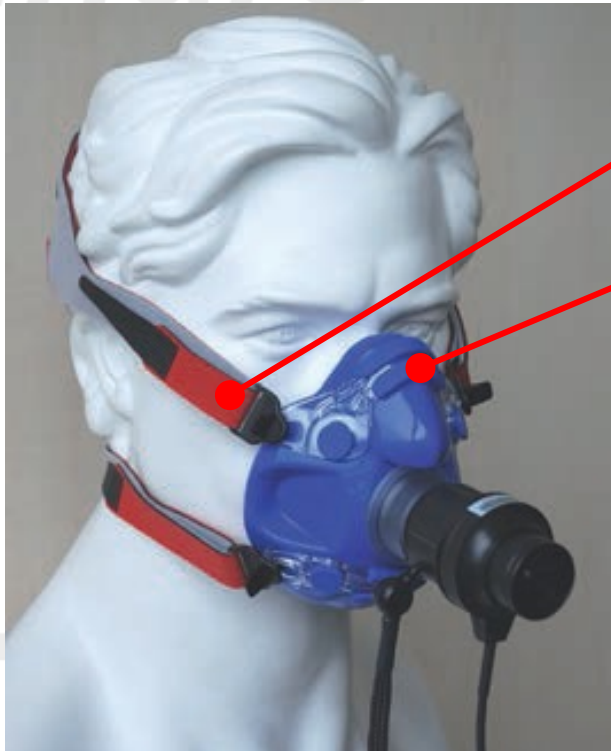


Zeitabgleich der Messfühler

Bestimmung der Verzögerungszeiten durch Kalibrierung



Volumensensor (Turbine)



Kopfband

Atemmaske

Mundstück



Anschluss Maske

Volumensensor

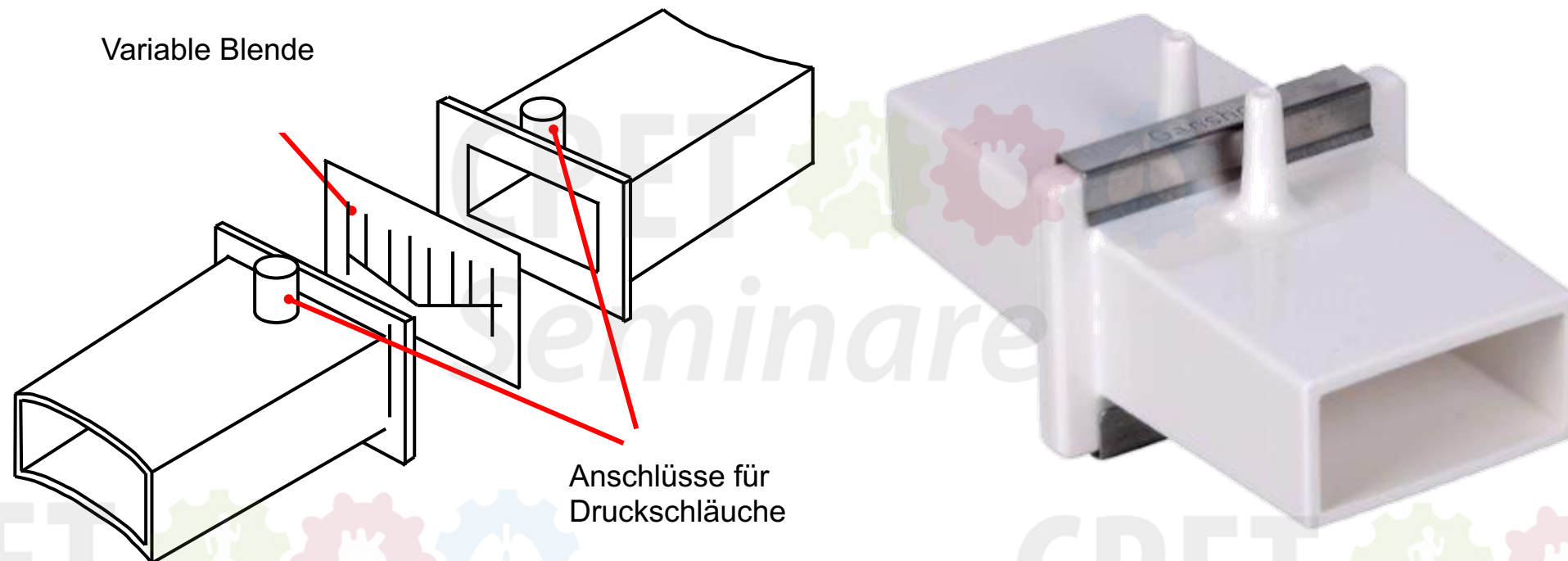
LED Gehäuse



Twin Tube



Differentialdruck-Sensoren (PT- Prinzip)



Volumensensoren

Digitaler Volumensensor

Misst Volumen → errechnet Fluss

Messbereich bis 300 l/min

Fehler < 2 %

Geringer Totraum (30 / 35 ml)

Ohne wesentliche Trägheit

Differenzdruck-Flusssensor

Misst Fluss → Volumen errechnet

Linear bis 16 l/s

Genauigkeit +/- 2,5% od. 50 ml

Kleiner Totraum (50 ml)

Widerstand < 0,1 kPa/l/s bei 15 l/s

Sample line = Probenschlauch



Probenschlauch → Fehlerquelle!



Probenschlauch **nicht nach unten!!** *Speichel läuft ein und behindert Proben- Transport*

Ergospirometrie-Systeme

Sample Line (Probenschlauch)



Praxistipp

**Feuchtigkeit !
Verschleiß !**

Nach jeder Messung den
Probenschlauch tauschen!

Begrenzte Haltbarkeit

707226-01 T = 2008

U = 2009

X = 2012

Dunkel und trocken lagern
Keine Vorratshaltung !

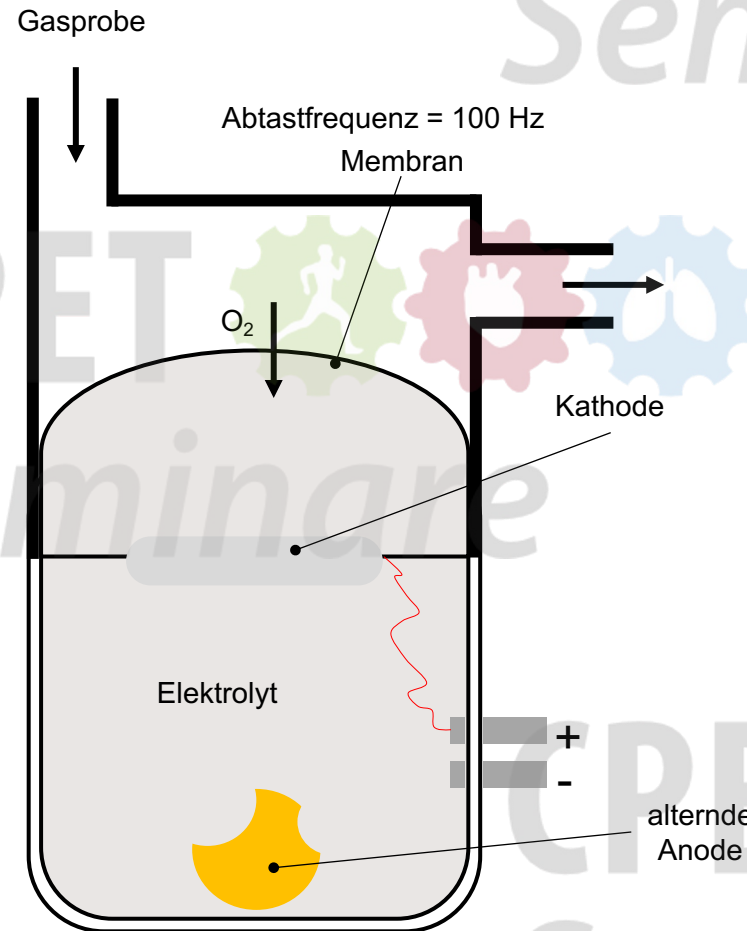
Chemischer Gasanalysator (O₂)



Chemischer O₂-Analysator

Begrenzte Betriebsdauer

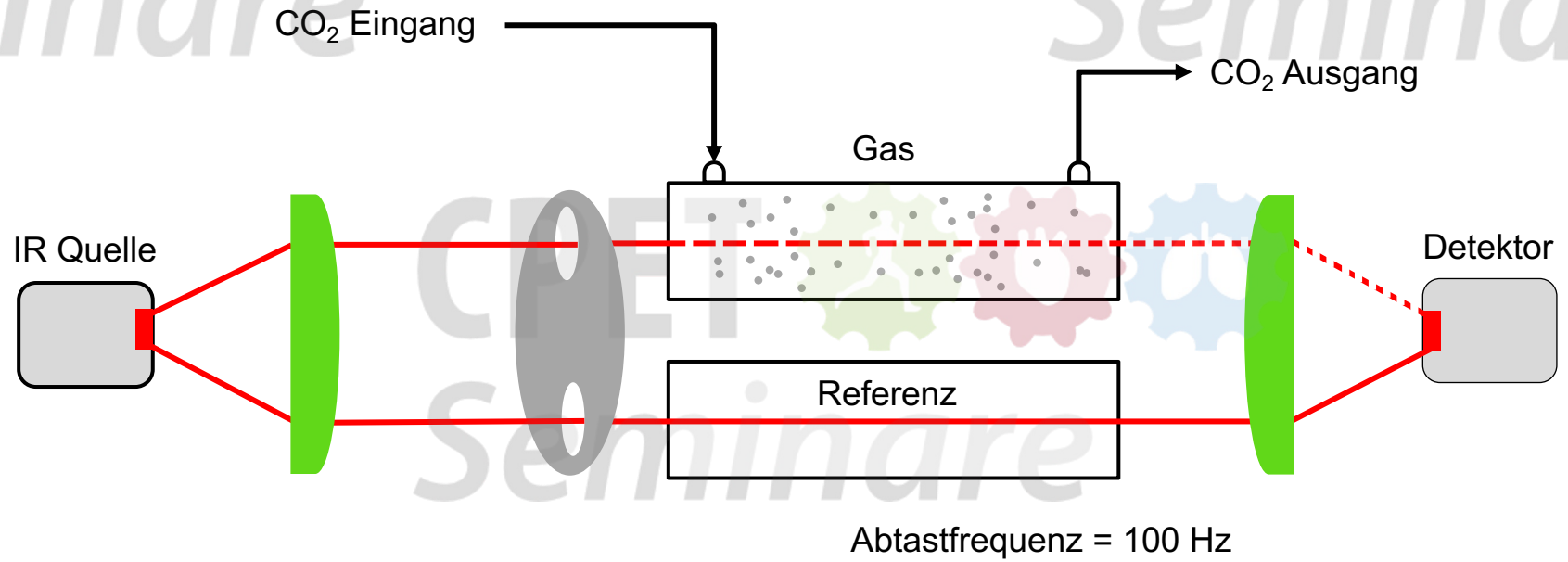
Zwischen 6 – und 24 Monate



Reduktion und Oxidationskette bewirken einen Stromfluss zwischen den Elektroden. Der Strom I ist proportional dem O₂-Partialdruck

2008 R. Henker

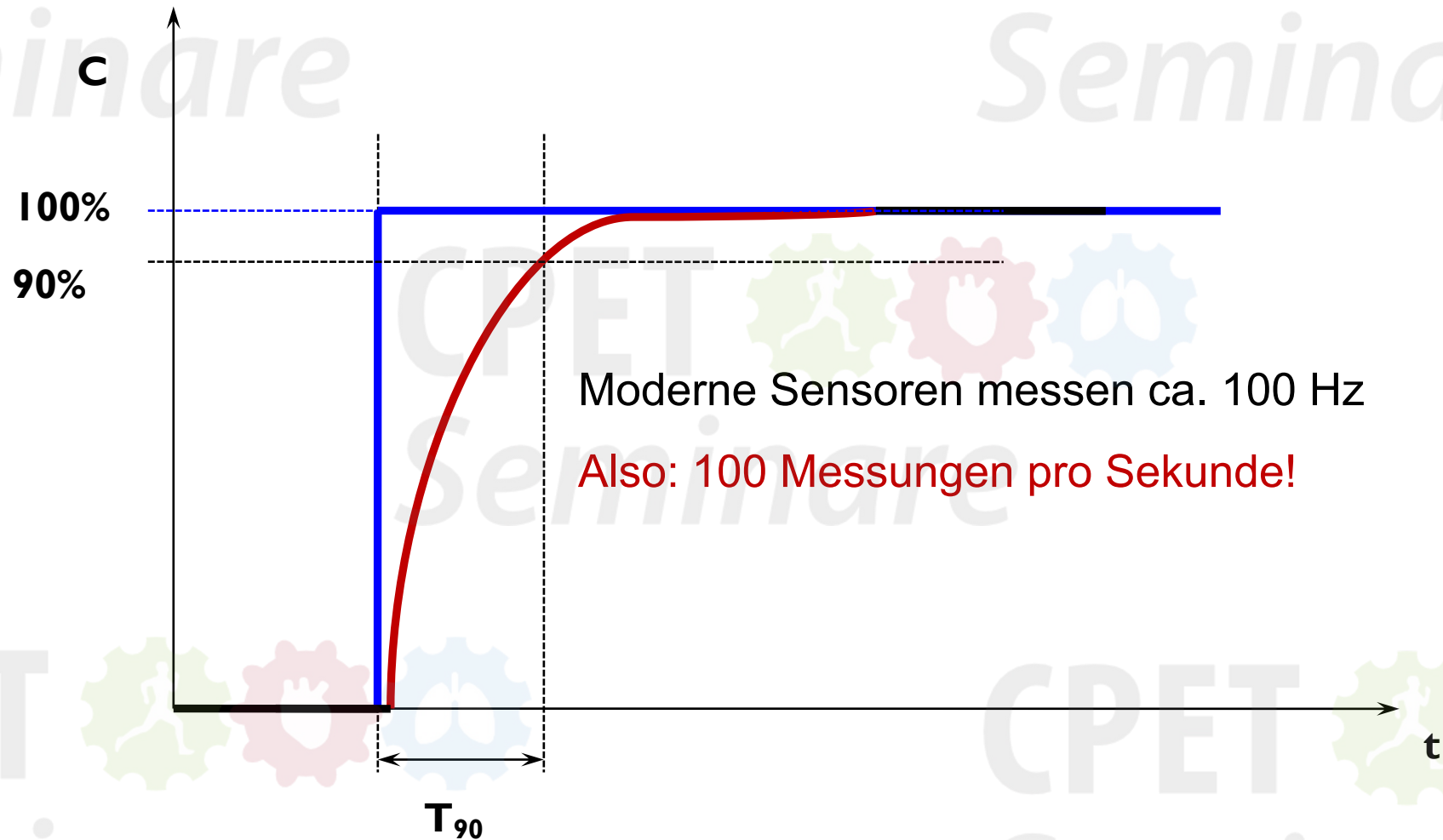
Gasanalytoren (CO₂)



Infrarot CO₂-Analysator

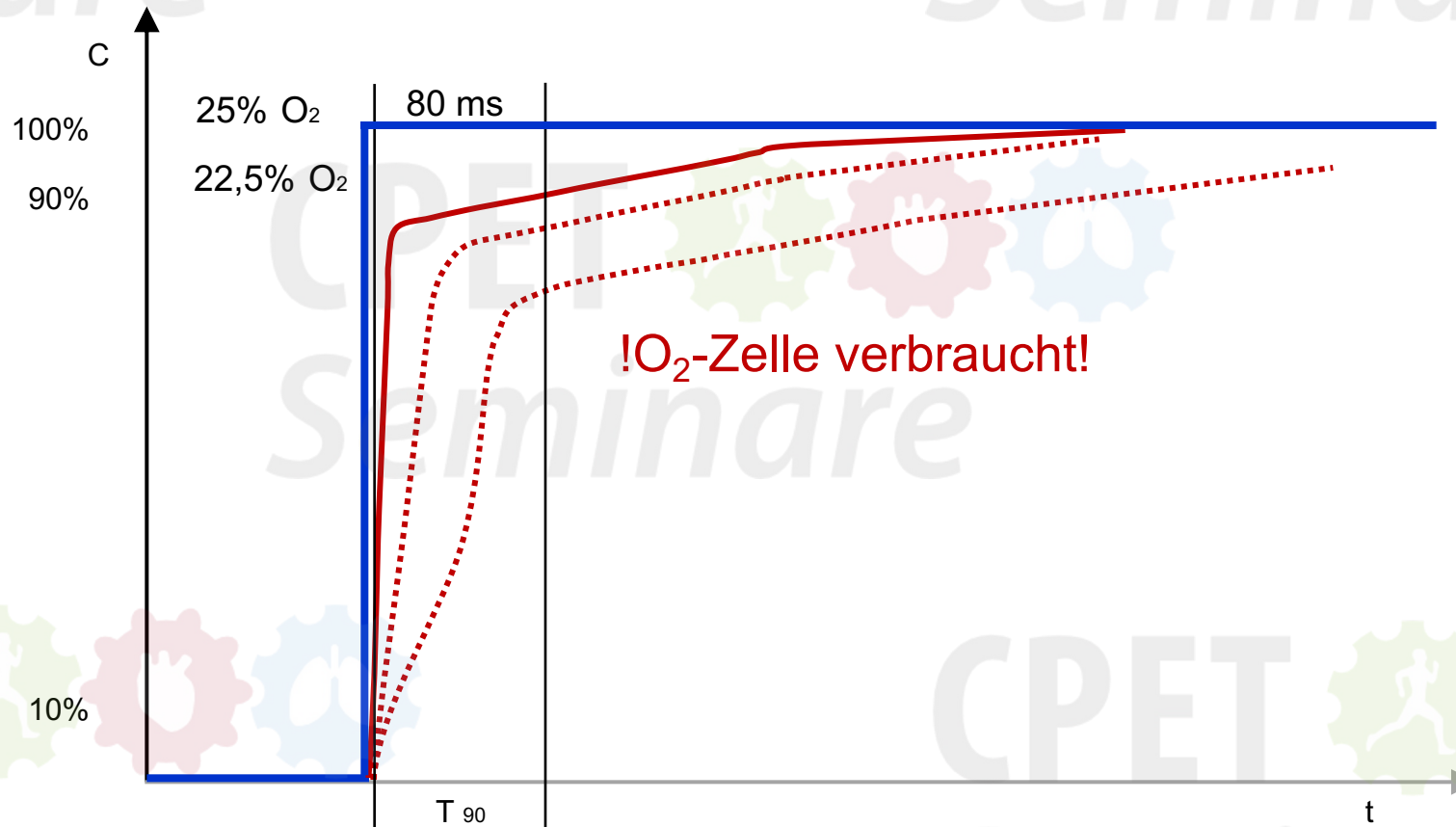
Unbegrenzte Betriebsdauer

Ansprechzeit (τ) eines Sensors (T_{90})



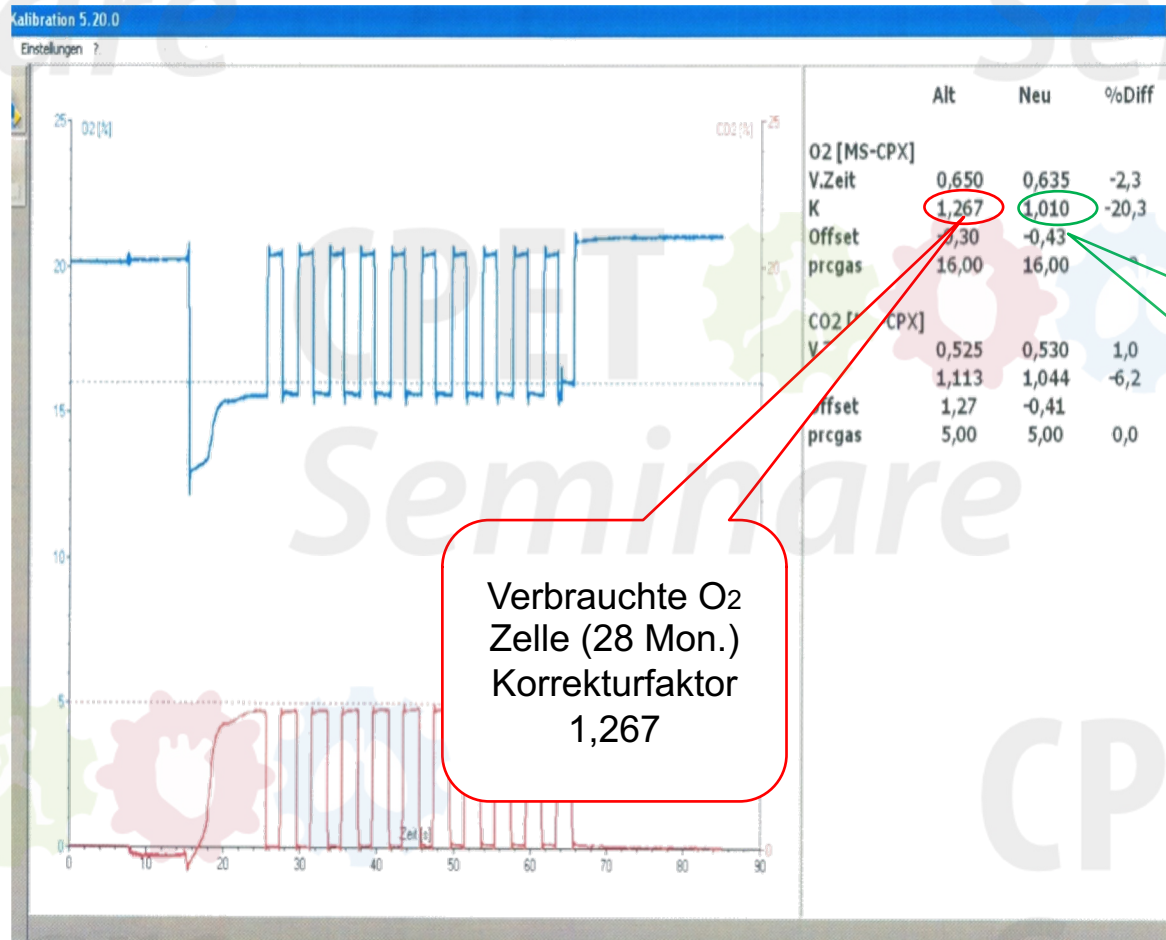
Ansprechzeit bei Alterung

Ansprechzeit der Sensoren O₂



Korrekturfaktoren bei Alterung

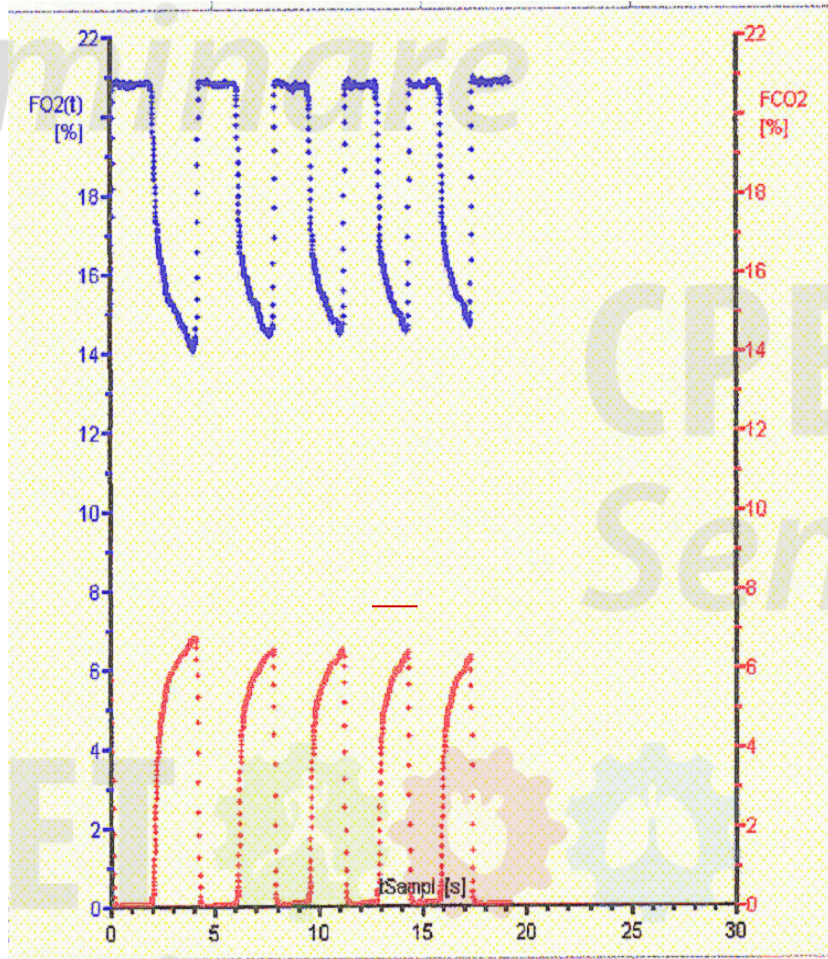
O₂ Sensor (Qualität)



Verbrauchte O₂ Zelle (28 Mon.)
Korrekturfaktor
1,267

Neue O₂ Zelle
Korrekturfaktor
1,010

Gaskonzentration gemischt exspiratorisch



Integral unter der Kurve =
gemischt exspiratorischer O_2 ($F_{E}O_2$) zur
Berechnung von

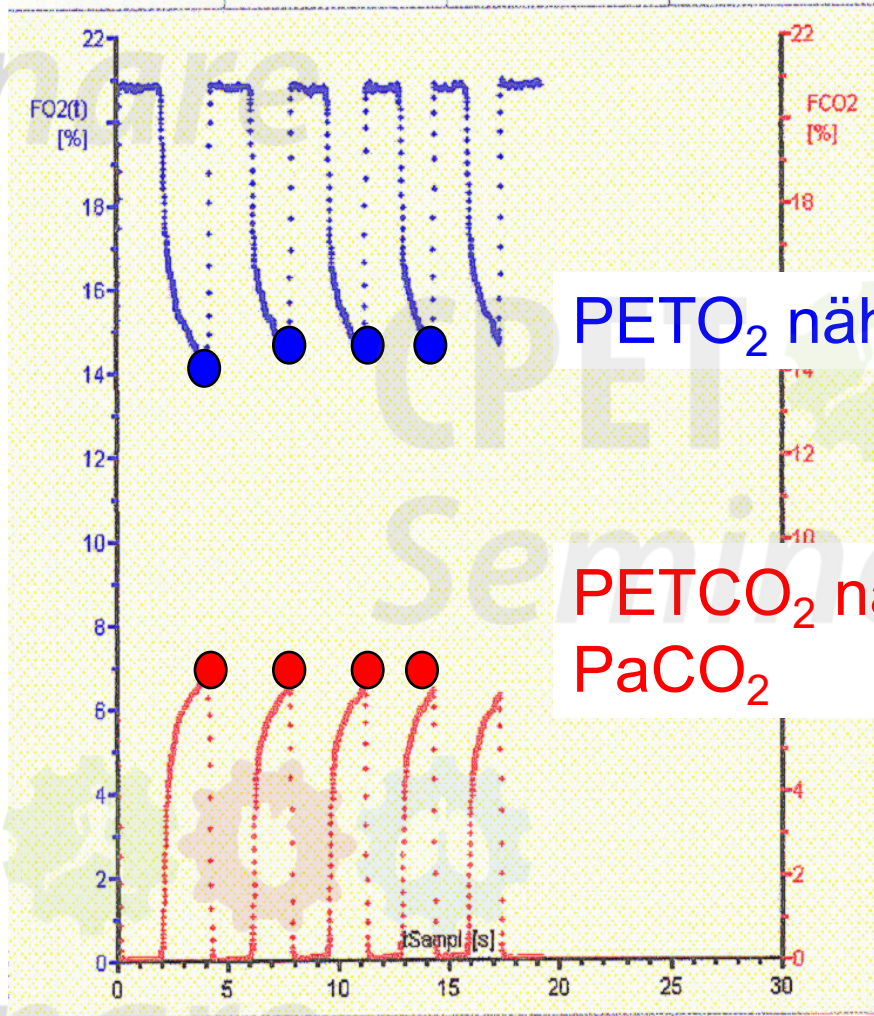
$$\dot{V}' O_2 = \dot{V}' E \times (F_{I}O_2 - F_{E}O_2) \times k$$

Integral unter der Kurve =
gemischt exspiratorischer CO_2 ($F_{E}CO_2$) zur
Berechnung von

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

Intrabreathkurven - Gaskonzentration

Endtidal = Endexpiratorisch



PETO₂ näherungsweise PAO₂

PETCO₂ näherungsweise PACO₂ und PaCO₂

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

PET = endexpiratorischer Gasdruck

Umgebungsbedingungen

Umgebungsdaten

Umgebungsbedingungen		27.09.2004	27.09.2004
		14:54:08	14:56:17
Temperatur	23	<input type="text" value="23"/>	[°C] Bereich <0 - 50>
rel. Feuchte	38	<input type="text" value="36"/>	[%] Bereich <0 - 100>
Luftdruck	981	<input type="text" value="980"/>	[hPa] Bereich <500 - 1200>
Höhe Normalnull	300	<input type="text" value="300"/>	[m] Bereich <-99 - 3000>

Neue Messsysteme aktualisieren die Umgebungsbedingungen automatisch vor jeder Messung

Ohne Automatik: aktualisieren wenn Temperaturänderung > 2 Grad C
wenn rel. Feuchteänderung $> 10\%$

Umrechnung ATPS auf BTPS

Qualitätsmanagement der Hardwarekomponenten

Kalibration

Volumen
Gase
Ergometer

Plausibilitätskontrolle „Biovalidation“

Messreihen aus dem
eigenen Team

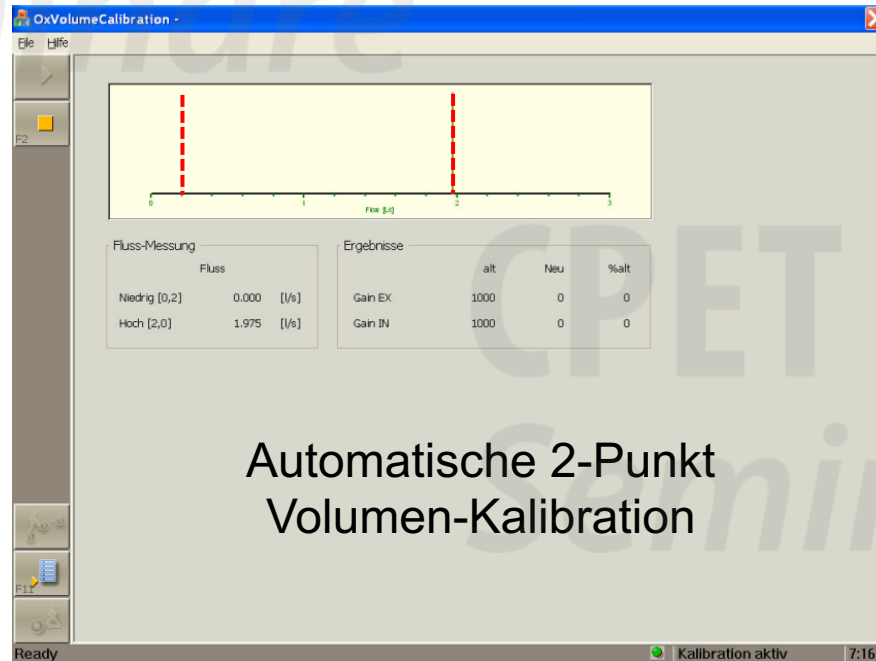
Hygiene

Flow – oder Volumensensor
Maske
Blutdruckmanschette
Sample line

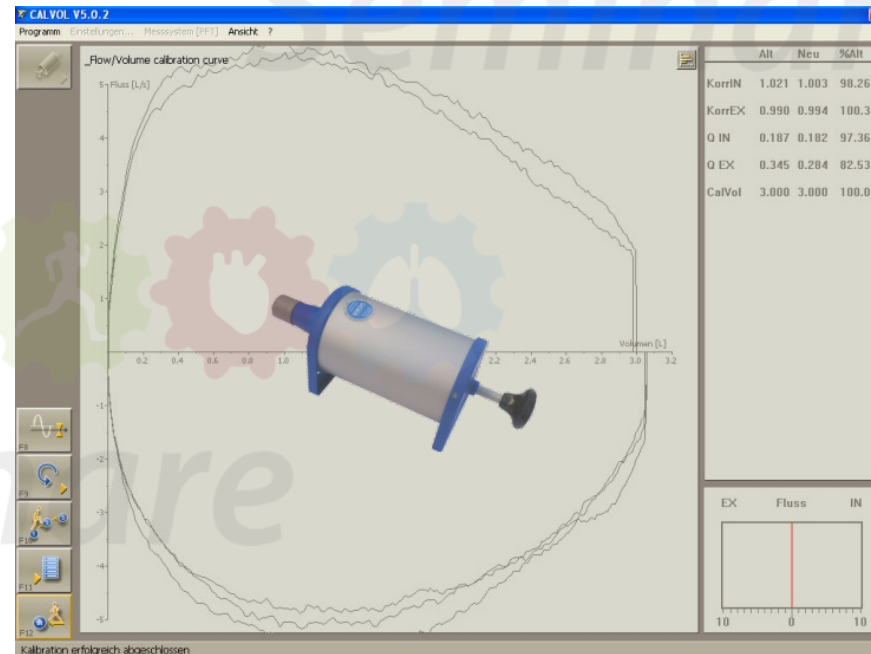
Wartung und Pflege

Flow – oder Volumensensor
Chemische O₂ - Zelle
Sample line

Volumenkalibration

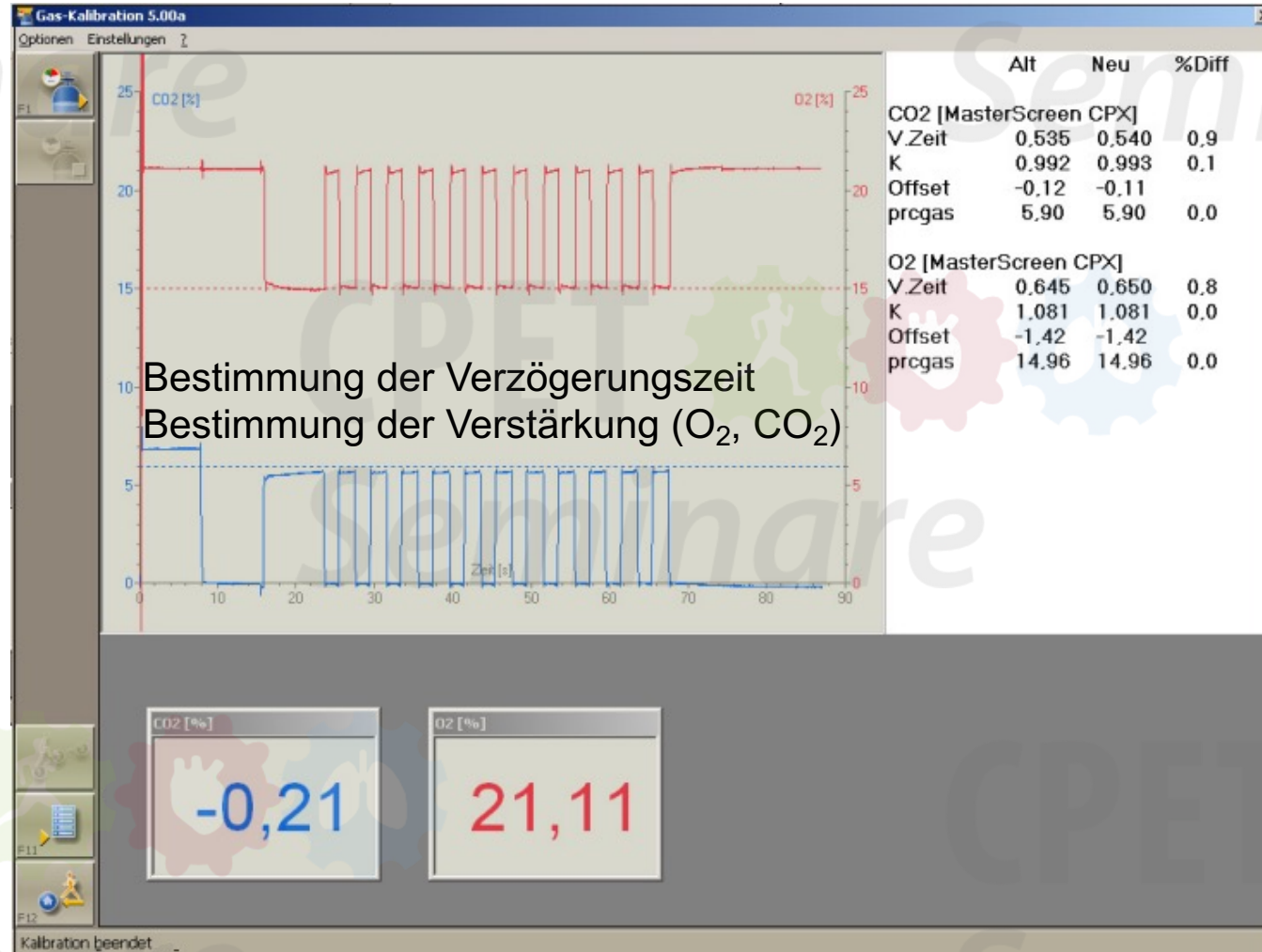


Automatische 2-Punkt
Volumen-Kalibration

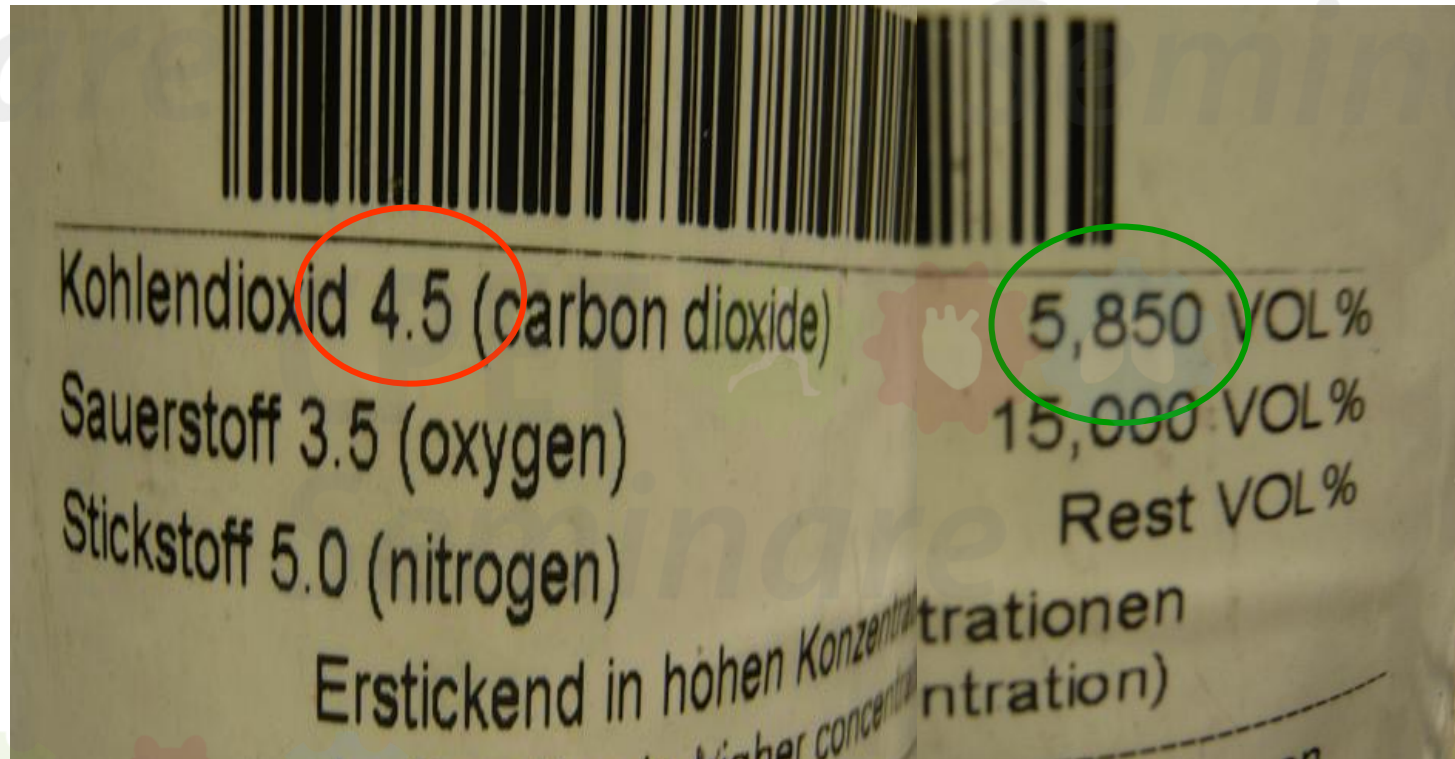


! Nach jedem Wechsel des Volumen-oder Flow-Sensor erfolgt einen Kalibration

Gaskalibration



Fehlerquelle Eingabe Kalibrationsgas



Kennziffer 4.5 **Gaskonzentration 5,85%**

Statt Eichgaskonzentration wurde die Kennziffer für das Eichgas eingegeben

„Bio – Validation“

Gesunder Proband führt von Zeit zu Zeit (z.B. alle 4 Wochen) oder bei Verdacht auf Fehlfunktion eine Belastungsuntersuchung durch:

→ submaximale Belastung
ca. 5 Minuten 50 Watt, 5 Minuten 100 Watt

Ausbelastung nicht erforderlich - Steady state ausreichend

Werte im intraindividuellen Verlauf vergleichbar/plausibel ?

Mittelwertbildung in der Datenverarbeitung

Mittelwertbildung erfolgt über ...

Atemzüge → z. B. 8 Atemzüge, rollende Mittelung

(andere Einstellungen: 1- 25, 5 aus 7)

oder

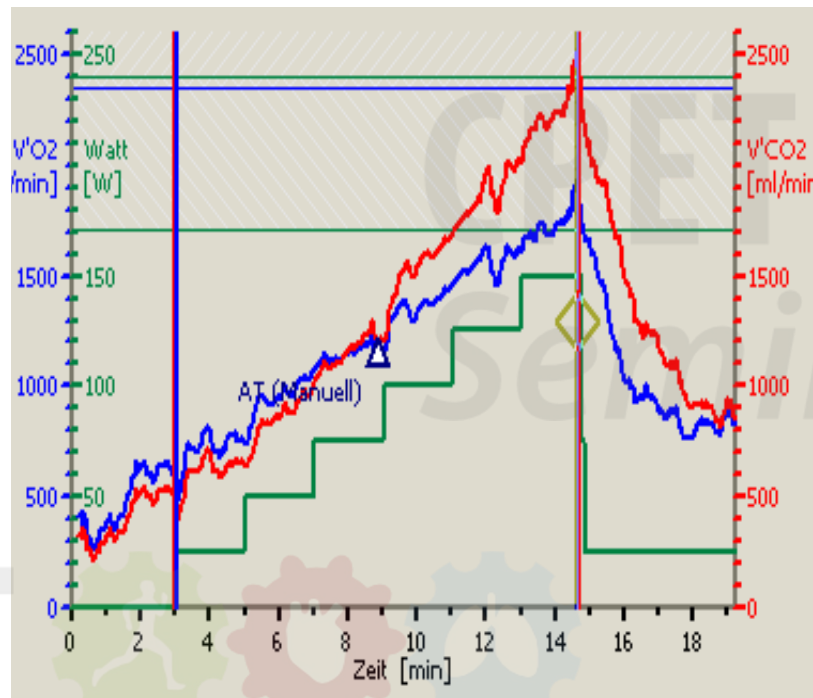
Zeit → 30 Sek. (Wasserman)

Vorsicht: Hohe Werte werden „weggemittelt“.

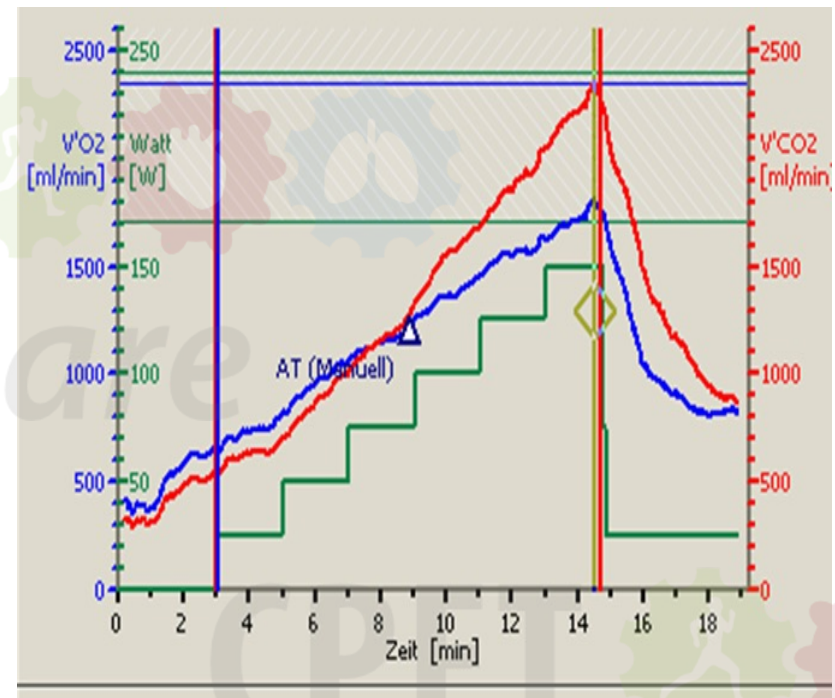
Mittelung in Graphiken, Tabellen und Reports gleich wählen

Mittelwertbildung und Einfluss auf $\dot{V}O_2$ bzw. $\dot{V}CO_2$

Atemzugmittelung über
8 Atemzüge

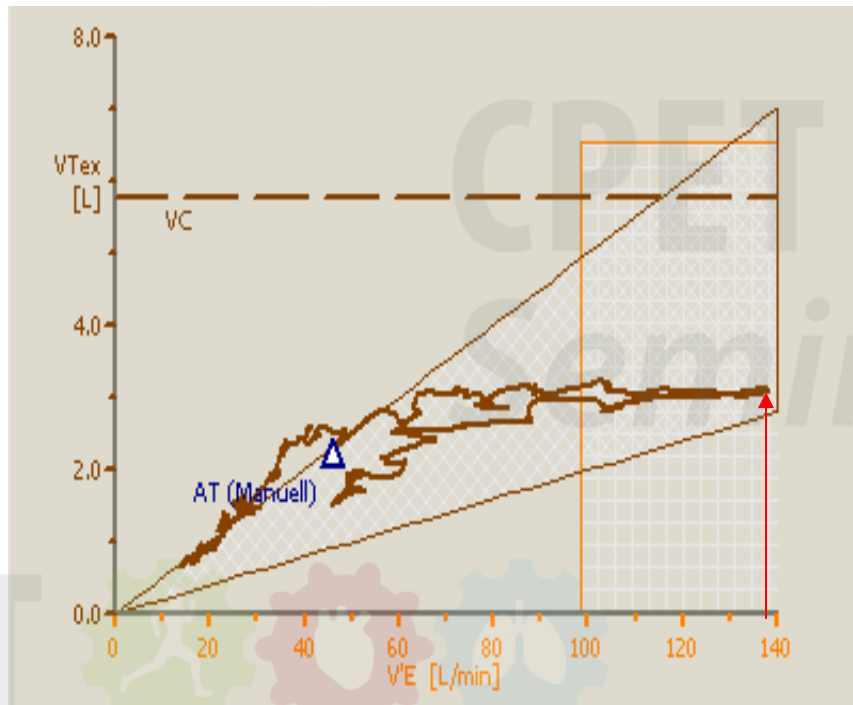


Atemzugmittelung über
25 Atemzüge

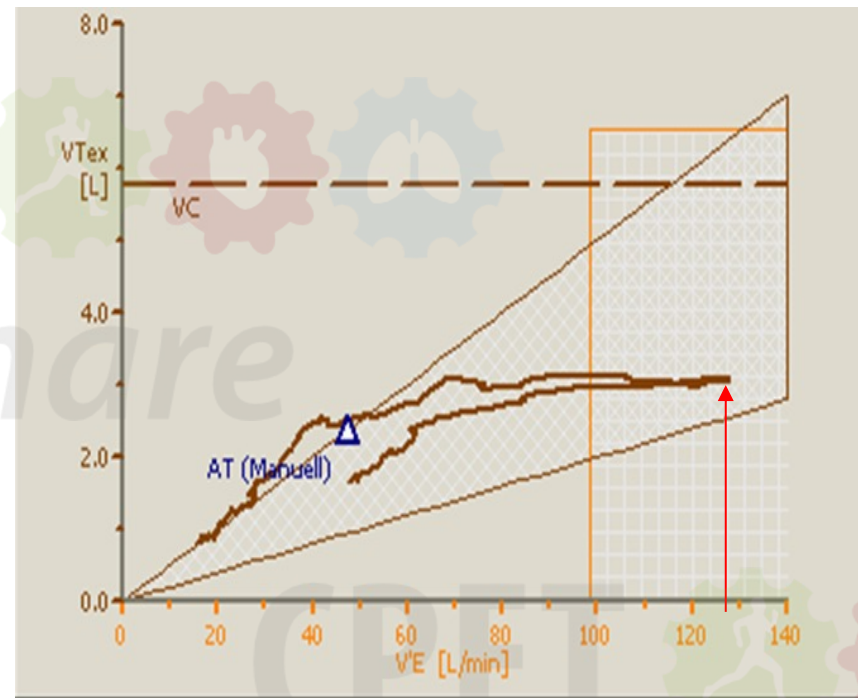


Mittelwertbildung und Einfluss auf VE

Atemzugmittelung über
8 Atemzüge

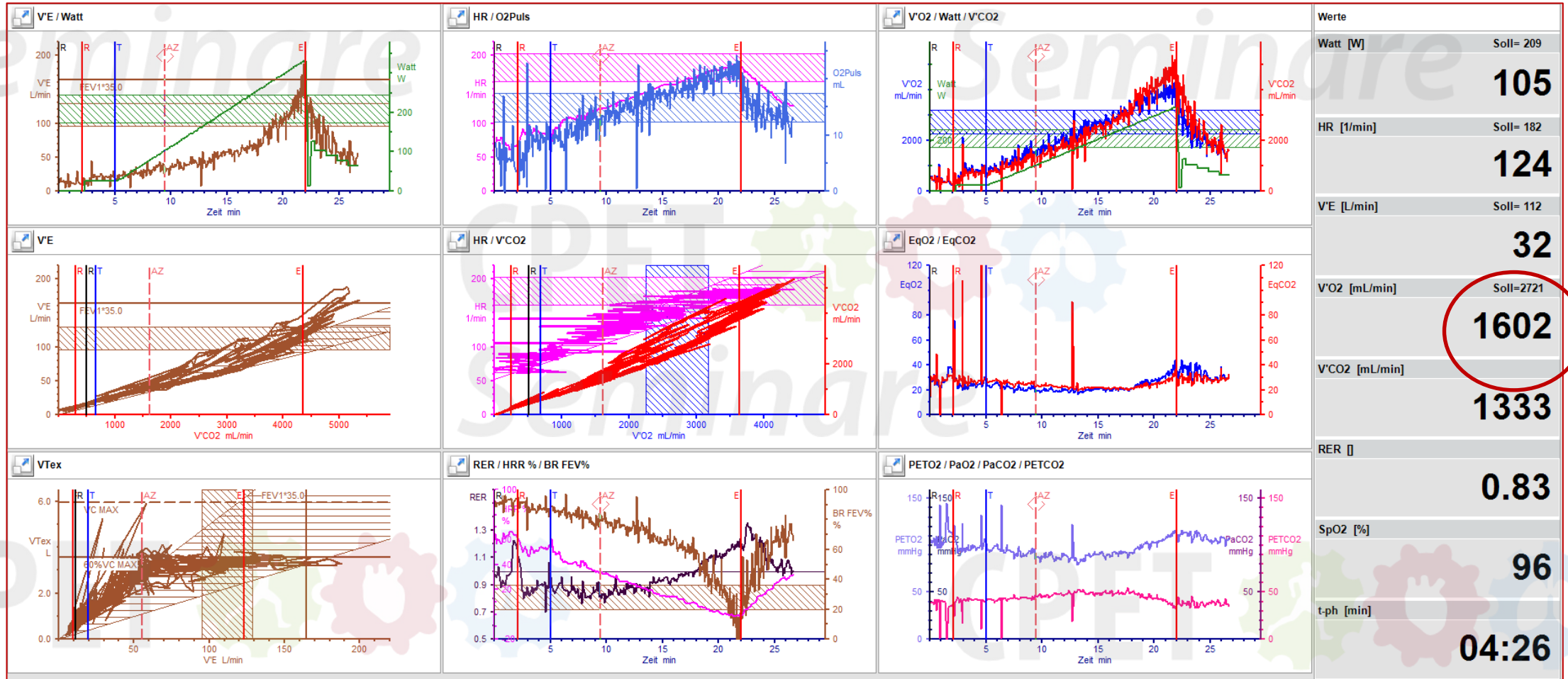


Atemzugmittelung über
25 Atemzüge

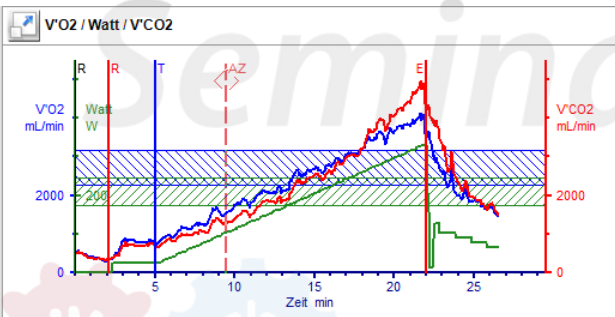
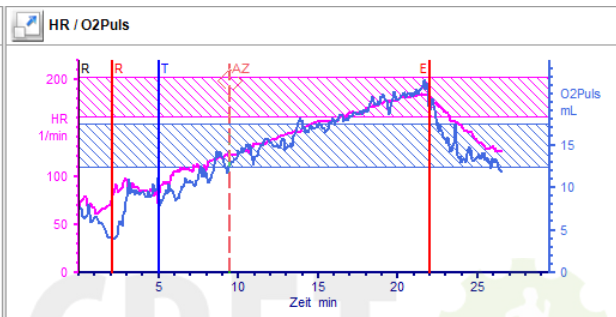
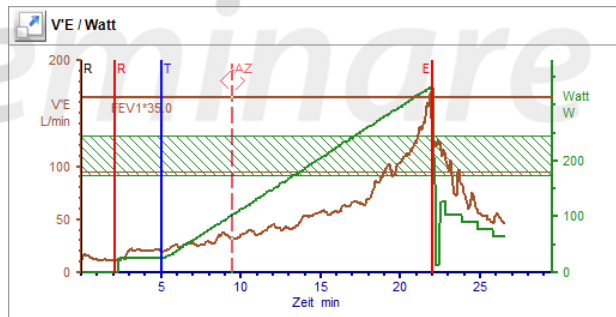


VE max 140 versus 125 L/min

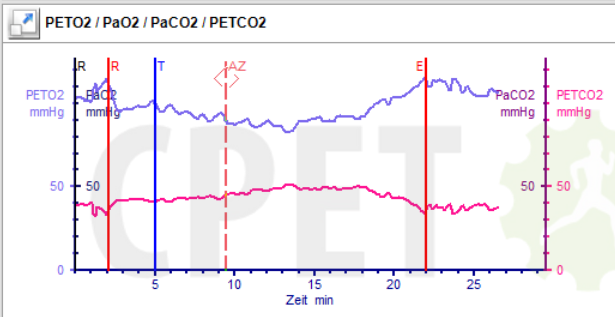
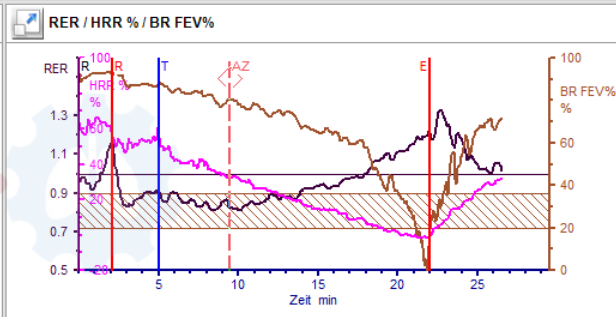
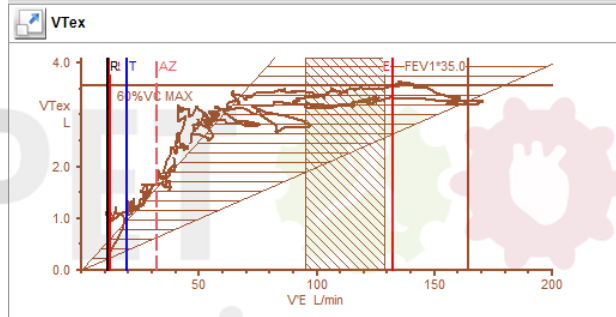
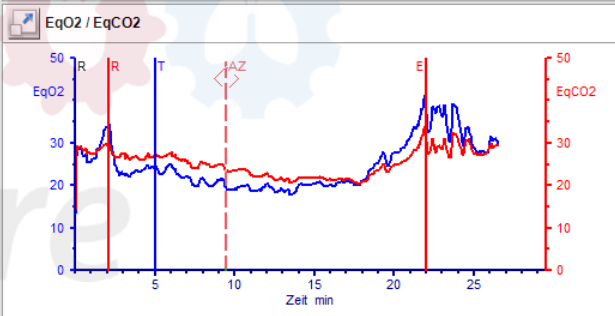
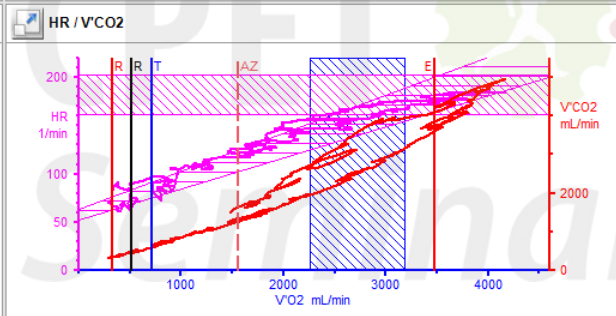
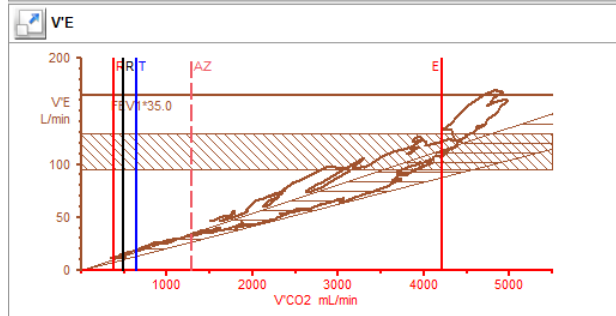
Mittelung der BxB Messwerte (1 Atemzug)



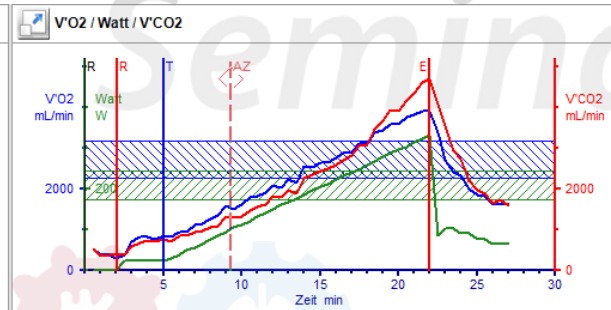
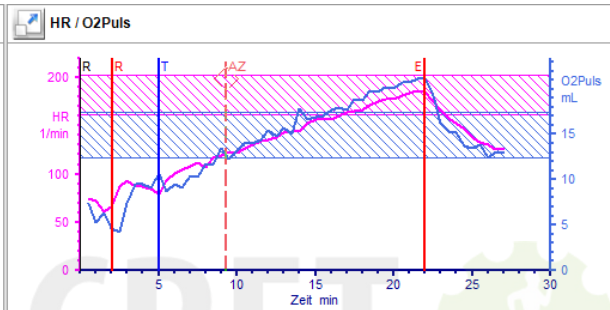
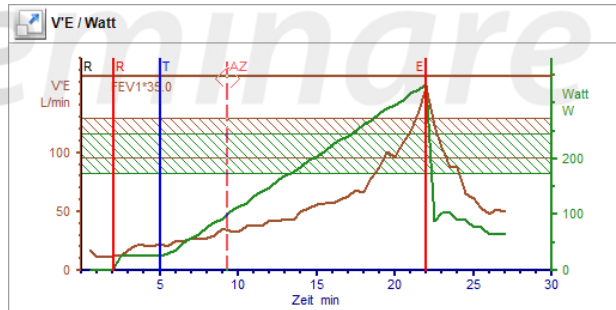
Mittlung der BxB Messwerte (8 Atemzüge)



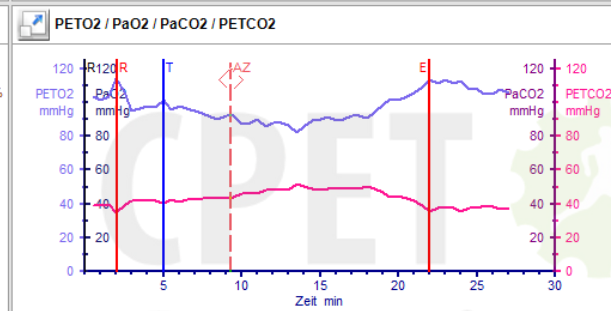
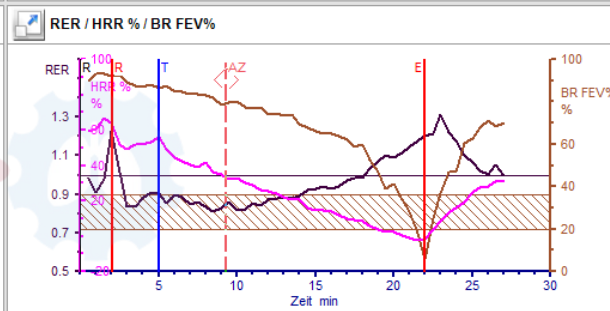
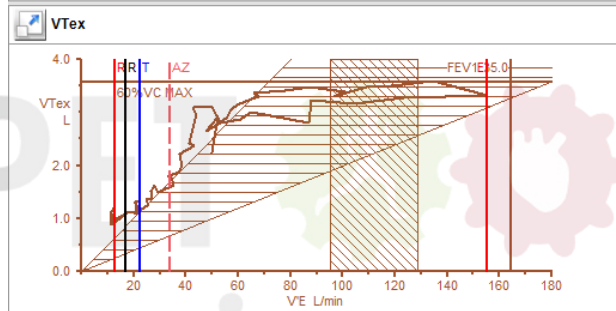
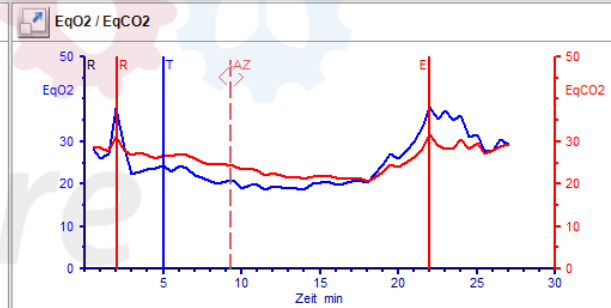
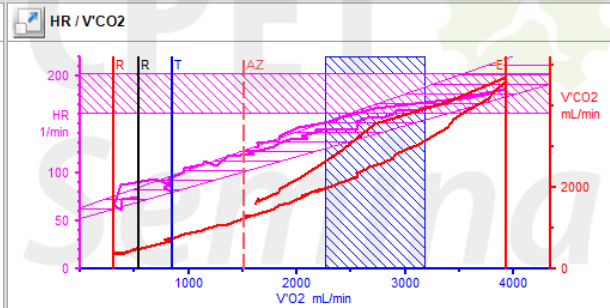
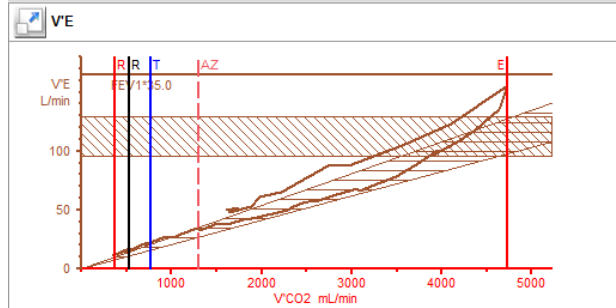
Werte	
Watt [W]	Soll= 209 105
HR [1/min]	Soll= 182 122
V'E [L/min]	Soll= 112 32
V'O2 [mL/min]	Soll=2721 1553
V'CO2 [mL/min]	1281
RER []	0.83
SpO2 [%]	97
t-ph [min]	04:26



Mittlung der BxB Messwerte (30 Sekunden)



Werte	
Watt [W]	Soll= 209
	105
HR [1/min]	Soll= 182
	124
VE [L/min]	Soll= 112
	34
V'O2 [mL/min]	Soll=2721
	1515
V'CO2 [mL/min]	
	1300
RER []	
	0.86
SpO2 [%]	
	98
t-ph [min]	
	04:26



Zusammenfassung

Ein Grundwissen über die verwendete Messtechnik ist erforderlich um Fehler zu erkennen und die spiroergometrischen Messdaten auf Plausibilität und Korrektheit zu überprüfen.

„Shit in – Shit out“